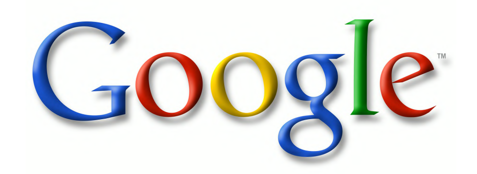




Der Überhitzte Dampf.

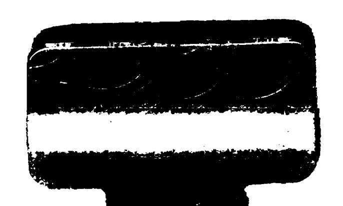
Darstellung

seiner ausschliesslichen Anwendung in den gegenwärtigen und zukünftigen Dampfbetrieben.

Von

Raimund Schenkel,
behördl. autoris. Civilingenieur und Dampfkessel-Inspector,
Dornbirn, Vorarlberg.

Wien.
SPIELHAGEN & SCHURICH,
Verlagsbuchhandlung,
I., Kumpfgasse 7.



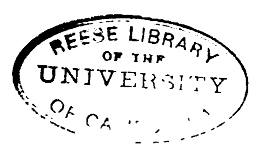
Der
Überhitzte Dampf.

Darstellung

seiner ausschliesslichen Anwendung in den gegenwärtigen
und zukünftigen Dampfbetrieben.

Von

Raimund Schenkel,
Behördl. autor. Civilingenieur und Dampfkessel-Inspector,
Dornbirn, Vorarlberg.



Wien 1897.
SPIELHAGEN & SCHURICH,
Verlagsbuchhandlung,
I., Kumpfgasse 7.

K. und k. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Vorwort.

In den letzten zwei Jahren hat das Interesse an der „Dampfüberhitzung“ eine lebhafte Steigerung erfahren.

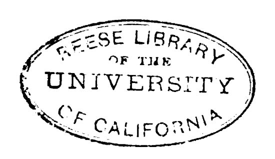
In allen Fachblättern finden sich, allerdings zerstreut, Abhandlungen über den überhitzten Dampf, theoretischen und praktischen Inhaltes. Zahlreiche Erfahrungsziffern, herrührend aus fortlaufenden Beobachtungen und besonderen Versuchen, bilden die unverrückbare Basis, von der aus diese Erfindung ihren Siegeslauf in der Praxis unternimmt.

Die Zahl ihrer Gegner verringert sich von Tag zu Tag und fortwährend tauchen neue Constructionen auf, welche durch die Vergrösserung der Vorteile, die dem praktischen Betriebe vor allem durch die wesentliche Verminderung des Brennstoffaufwandes erwachsen, die rege Anteilnahme der Dampfkessel-Besitzer wach erhalten. Dieser Umstand, sowie das Fehlen einer gemeinverständlichen möglichst umfassenden Abhandlung, welche auch den in dieser Sache theoretisch nicht unterrichteten Industriellen und Techniker in den Stand setzen sollte, die Wesenheit und die Art der Anwendung des überhitzten Dampfes klar zu erkennen, waren die Veranlassung zur Herausgabe dieses Werkes. Möge der Eifer, der dessen Verfassung Förderung gewesen ist, Fürsprecher gegen eine allzu strenge Kritik werden!

Dornbirn-Wien, August 1897.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichniss.



I. Geschichtlicher Rückblick, Entwicklung und Kämpfe.

Die ersten praktischen und erfolgreichen Anwendungen des überhitzten Dampfes, danken wir dem berühmten Thermodynamiker G. Hirn, welcher nach langdauernden Versuchen in den Jahren 1857 und 1858 grundlegende Gesetze über die „Mechanische Wärmetheorie“ und über die Beziehungen gesättigter und überhitzter Dämpfe zu den Principien der Umwandlung von Wärme in Arbeit, veröffentlichte.

Allerdings war diesen Anwendungen schon im Anfang der 40er Jahre der vom belgischen Ingenieur F. Spineux in Antwerpen vorgeführte Versuch, überhitzten Dampf im Maschinenbetriebe zu verwenden, vorangegangen; aber dieser war ohne Ergebniss gewesen und blieb Hirn unbekannt, weshalb wir mit Recht den berühmten Elsässer Gelehrten als Bahnbrecher dieser Erfindung betrachten dürfen.

Er hatte beobachtet, dass mit künstlicher Erhöhung der Dampftemperatur auch bei Dämpfen niederer Spannung, der Arbeitseffect sich vergrössere und dass für die gleiche Kraftleistung der Verbrauch an Dampf sich in Folge dessen ganz erheblich vermindert; er schloss weiters, dass die Anwendung des Dampfmantels an den Cylindern der Dampfmaschinen eben deshalb äusserst vortheilhaft sein müsse, weil sie ja nutzlose Temperaturs-Abnahmen des Arbeitsdampfes im Cylinder verzögere und bewies, dass diese Ergänzung der Construction einen wesentlichen Fortschritt im Dampfmaschinenbau bedeute. Ja — er ging so weit, den Dampfmantel dann als entbehrlich zu bezeichnen, wenn die Maschinen statt mit gesättigtem und nassem Dampfe, wie solchen die Kessel erzeugen, mit überhitztem Dampfe gespeist würden.

An seiner verticalen Zwei-Cylinder-Balanciermaschine in der Spinnerei Loggelbach bei Colmar (Elsass), erzielte er mit über-

hitztem Dampfe bei einer Leistung von ungefähr 120 Pferdekräften einen Dampfverbrauch von nur $7^1/_2$ *kg* für die indicirte Pferdekraft und Stunde; er erreichte demnach eine Ziffer, die auch für den heutigen vorgeschrittenen Dampfmaschinenbau eine ganz vorzügliche genannt werden muss.

Aber damals waren weder die Constructionen der Maschinen, noch das für deren Herstellung verwendete Baumaterial genügend ausgebildet; noch waren die zur Einfettung der Dampfcylinder und Steuerungsorgane nötigen Oele, ferner die verschiedenen Dichtungsmassen der Stopfbüchsen etc., genug widerstandsfähig, als dass man es hätte wagen können, mit Dampf von hoher Temperatur dauernd zu arbeiten.

Die Ueberhitzer selbst waren zu klein, zu wenig dauerhaft, die Verbindungen der einzelnen Teile nicht feuerbeständig und dicht, die Stopfbüchsenpackungen wurden zerstört, die verschiedenen Gleitflächen verrieben sich, kurz eine Menge von Erschwernissen schienen die zukünftige Anwendung des überhitzten Dampfes geradezu unmöglich zu machen.

Lange Zeit hindurch blieben daher die Hirn'schen Resultate unangewendet und erst in späteren Jahren fanden da und dort Versuche mit wechselndem Erfolge statt. — So hat z. B. der französische Gelehrte Leloutre in den Jahren zwischen 1867 bis 1871 Hirns Versuche abermals durchgearbeitet und deren Ergebnisse in seinem Werke über die „Theorie der Dampfmaschinen" verwerthet.

Nicht unterlassen werde es auch, hier der teils theoretischen, teils praktischen Untersuchungen über gesättigte und überhitzte Dämpfe zu gedenken, welche nach Hirn von Hallauer, Clausius, Zeuner, Grashof, Weyrauch, Schmidt, Cazin, Regnault, ferner neuestens von Dwelshauvers-Déry, Donkin, Unwin, Hrábák, Kennedy, Kirsch, Prof. Schröter, A. C. Kirk und vielen Anderen durchgeführt wurden und denen wir den weiteren Ausbau von grundlegenden Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie und deren practischen Anwendung verdanken.

Es sei hier auch an die älteren Versuche von John Penn und Wethered an Schiffskesseln erinnert, welche durch die guten Resultate bekannter geworden sind.

Der Jahresbericht des Schweizerischen Dampfkesselvereines von 1894, enthält eine Notiz des leitenden Ingenieurs F. Struppler, welche besagt, dass in diesem Jahre ein vor ca. 30 Jahren in die Flammrohre eines Dampfkessels eingebauter gusseiserner Ueberhitzer

mit inliegenden Circulationsrohren, schadhaft wurde und ausgewechselt werden musste.

Wohl sind also noch da und dort spärliche Nachrichten über Versuche mit Ueberhitzern zu finden; — schliesslich wird die so vielversprechende Erfindung Hirn's für die Praxis nicht mehr in Betracht gezogen und fast unbewusst nur noch bei dem Systeme der verticalen Feuerröhren-Kessel ausgeführt. Dieses System, teils selbstständig, teils in Combinationen mit horizontalen Cylinder-Kesseln gebaut, ist in seiner Verbreitung doch so beschränkt geblieben, dass der wertvolle Anteil der Ueberhitzung, durch die den Dampfraum in engen Röhren durchziehenden Feuergase, — fast in totale Vergessenheit geriet. — Die Ueberhitzung war überdies eine sehr geringe und standen vergleichende Versuchsresultate lange nicht zur Verfügung.

Erst 1889 begann man in der Heimat Hirn's in Colmar wieder auf dessen Erfindung zurückzugreifen und beharrlich die praktische dauernde Anwendung des überhitzten Dampfes zu erstreben.

Von dieser Zeit an beginnt die Entwicklung — ein Erfolg kommt nach dem andern!

Seit Hirn's Versuchen sind im Dampfmaschinenbau in Folge der Kenntniss der Gesetze der Wärme wesentliche Fortschritte gemacht worden.

Die Constructionen sind verändert und vervollkommnet, die Baumaterialien werden sorgfältig vorbereitet; die Stopfbüchsen-Packungen sowohl als auch die Oele zur Schmierung der Dampfcylinder und Steuerungsteile sind so verbessert, dass sie noch eine über 300° bis 350° Celsius betragende Dampftemperatur ohne Zersetzung und Selbstentzündung sicher aushalten können; die Ueberhitzer selbst sind aus feuerwiderstehenden Materialien hergestellt, welche die bisher als praktisch brauchbar anerkannten höchsten Dampfdrücke mit Sicherheit aushalten und langjährigen und ungestörten Betrieb wahrscheinlich machen.

Die Veranlassung zu diesen Fortschritten war das Streben nach grösster Oekonomie gewesen; diese konnte nur durch Erhöhung der Dampf-Spannungen erreicht werden, was jedoch eine bedeutende Temperaturs-Zunahme im Gefolge hatte und diese beiden Umstände haben die erforderlichen Veränderungen an Construction und Materialien in kürzerer Zeit als erwartet, zur guten Durchführung gebracht.

Als die ersten Pionniere dieser Zeit müssen Louis Uhler in Mühlhausen und Emil Schwoerer in Colmar genannt werden.

Beide, Elsässer, traten nach eingehenden Vorversuchen mit selbständigen Ueberhitzer-Constructionen in die Oeffentlichkeit und setzten in Bezug auf die Oekonomie des Dampfmaschinenbetriebes durch die damals unglaublichsten Resultate die technische Welt in Erstaunen.

Man hatte Hirns Forschungen und Resultate kaum gekannt — ja fast total vergessen, die späteren, seltenen Wiederholungen wenig beachtet, oft genug gleichgiltig und absprechend beurteilt, als diese in erneuerter Auflage nunmehr eine Revolution in den veralteten Ansichten der Industriellen, der Dampfmaschinenbauer und der Akademiker technischer Wissenschaften hervorriefen, ohne dass die allmächtige Reclame diesen Erfolgen ihre Unterstützung hätte angedeihen lassen.

Auf dieses Hilfsmittel konnte aber die reelle praktische Wissenschaft verzichten!

Denn ihr stehen heute, so wie ehemals das unabweisliche Bedürfniss nach höchster Oekonomie und die klare Erkenntniss aller jener Industriellen zur Seite, die einsichtig genug waren, den zu grossen Conservatismus nicht zu ihrem eigenen Schaden weiter zu pflegen.

Wol ist es auch genug bekannt, dass, wie auf allen Gebieten der Wissenschaft — auch auf diesem Felde der Technik die zünftigen Grössen überlegen und principshalber jedem Fortschritt, der nicht ihrem Denken entstammt, entgegen sind oder mindestens ihn zu ignoriren suchen.

Diese und die Zögernden, die mit ihrem „Wenn“ und „Aber“ mehr Schaden anrichten, als durch ein entschiedenes „Nein,“ waren zu besiegen.

Schritt auf Schritt musste und muss heute noch gegen die Reactionäre erkämpft werden, welche oft genug ohne jeder Kenntniss der Sache, ohne mindester Erfahrung, den Erfolg verneinen, mit unverhehlter Schadenfreude auf einzelne Misserfolge als schliessliches Resultat und als eingetroffene Beweise ihrer einzig fachmännischen und weitausschauenden Kenntnisse hinweisen.

Gebrochen musste werden mit jenen, die sich ein Monopol in Wissenschaft und praktischer Technik anmaassten und bei denen ein einziges Achselzucken die jahrelange Mühe und Arbeit einiger frisch Aufstrebender zu zerstören drohte, die Wahrheit der Resultate verschleierte, ja die Fähigkeit, wenn nicht die Ehrenhaftigkeit der Ingenieure bezweifelte, welche die genaue objective Prüfung vorgenommen hatten und die glänzenden Ergebnisse bestätigen mussten.

War es da zu wundern, wenn die so oft gänzlich einseitigen und leicht beeinflussten Industriellen anfangs ebenso abweisender Meinung waren? Ihnen sind umsomehr diese ausserordentlichen Resultate unbegreiflich geblieben — denn sie schienen reellen Grundlagen zu entbehren, hatten sie doch zu allen derzeit angepriesenen Mitteln, welche die Erhöhung der Nutzeffecte und Oekonomie der Dampfanlagen bezwecken sollten, keinerlei Beziehung.

II. Bisherige Mittel und Einrichtungen, welche zur Erreichung höherer Oekonomie der Dampf-Anlagen führen sollten.

Diese Mittel betrafen sowohl die Dampfkessel als auch die Dampfmaschinen; schon ihre Mannigfaltigkeit muss auffallen und als Beweis eines Umhertastens — als Bestätigung einer grossen Unsicherheit in Erreichung des vorgestreckten Zieles möglichster Oekonomie gelten.

So stellte man unglaublich complicirte Kesselconstructionen her, von denen die Erfinder imposante Effectziffern garantirten, welche sie dadurch zu erreichen hofften, dass sie eine intensive Circulation des Wassers in ihren Kesseln durch die merkwürdigsten Einrichtungen zu erzwingen suchten.

Manche von ihnen täuschten die Kesselkäufer durch die Angabe höchster Dampfproduction des Kessels, als ob diese ein Erweis der Güte des Systems sei, während sie doch nur den Grad der Beanspruchung ergibt.

Man empfahl und verwendete hunderte von verschiedensten Rostconstructionen, von welchen gewissensleichte Agenten 10, 15 und mehr % Kohlenersparnisse versprachen, ohne auch nur die betreffenden Kesselanlagen gesehen, deren Verhältnisse erfragt zu haben und oft genug auch ohne nur die einfachsten Grundgesetze der Verbrennung zu verstehen.

Unzählige Kesselsteinmittel wurden verwendet, welche nach Versicherung mindestens 10% Mehrleistung des Kessels bestimmt erwarten liessen; — man baute mit mehr oder weniger Vorteil allerhand Wasserreinigungs-Anlagen, mechanische und kohlensparende, sowie rauchverzehrende Feuerungen, Wasserabscheider, Zugverstärker und Zugregulatoren etc. — ein, und dies alles mit dem durchschnittlich gleichen Ergebnisse, dass bei sehr schlechten Anlagen jede

kleine Verbesserung günstigen aber beschränkten Erfolg hatte — mittlere, wenig dauernde, doch nicht steigende Resultate erzielten und dass gut eingerichtete Betriebe, soweit sie nicht schon rationelle Ausführung besassen, doch nicht über eine bald begrenzte Oekonomie hinauskamen.

Immer war den redebegabten Agenten trotz überwiegender Misserfolge ein freies Feld offen; je weniger sich die Industriellen selbst Mühe gaben, ihre eigenen Anlagen und deren Bedürfnisse zu studiren und je weniger technisches Verständniss die Anpreisung erforderte, desto mehr wurde in „technischem Bedarfe“ gemacht, — desto öfter wurden die Gimpel gefangen!

Die Erfinder überboten sich in der Zahl der Mittel und deren Erfolge — half eines nicht, dann lag das Misslingen jedenfalls in merkwürdigen Verhältnissen der Anlage, gegen welche der Agent machtlos war und der beschworene Hinweis, wie das gleiche Mittel dort und dort glänzende Ergebnisse gebracht habe, machte den Industriellen an der Fähigkeit seines Personales direct zweifeln; dann wurde mit einem zweiten Mittel — einem dritten, versucht und so ging es weiter.

War ein Mittel als offener Schwindel gebrandmarkt worden oder ein Apparat als gänzlich untauglich definitiv bei Seite gelegt, so erschien das Ding wieder unter anderem Namen in etwas veränderter Zusammensetzung und Bauart, um neuerdings eine Zeit lang dem Zwischenhändler pecuniären Erfolg zu bringen.

III. Die Grundprincipien der Ueberhitzung.

Dass dieses fortwährende Wechseln der Mittel und Metoden den Industriellen ein grosses Misstrauen gegen alle Neuerungen einzuflössen begann, ist klar.

Jetzt kam man mit einer ganz eigenartigen Einrichtung, von der die Erfinder — akademisch und praktisch ausgebildete Ingenieure — mit merkwürdiger Sicherheit Folgendes behaupteten:

1. Die Principien dieser Erfindung sind längst kein Geheimniss mehr, sondern sie sind eigentlich nur die praktische Anwendung bestehender, die thermischen (Wärme-) Zustände des Wasserdampfes betreffender Naturgesetze.

2. Sie sind also nicht patentirbar und es kann niemand sich ein Monopol darüber anmassen.

3. Nur der Fortschritt in der praktischen Technik ist die Ursache der endlich erreichten allgemeinen Anwendbarkeit.

4. Durch die Ueberhitzung werden nur das Volumen und der fühlbare Wärmezustand des Dampfes, nicht aber dessen Spannung geändert.

Es kann also ebenso Dampf niederster als höchster Spannung bei gleichbleibendem Drucke überhitzt und auf gleich hohe Temperatur gebracht werden.

5. Hoch überhitzte Dämpfe verhalten sich wie Gase und können also bis auf die atmosphärische Spannung (äusseren Luftdruck) expandiren, ohne dass eine Condensation derselben eintritt.

6. Das bedeutend grössere Volumen überhitzter Dämpfe ermöglicht die Verwendung geringerer Gewichtsmengen solcher Dämpfe zum Füllen gleich grosser Räume, als bei Anwendung nassen oder gesättigten Dampfes davon benöthigt worden wären.

(Diese zwei Eigenschaften 5 und 6 begründen die durch Anwendung überhitzten Dampfes erzielten grossen Vorteile.)

7. Je höher die Ueberhitzung getrieben wird, desto grösser sind die resultirenden Vorteile.

8. Es ist somit auch möglich, durch überhitzten Dampf niederer Spannung Vorteile zu erzielen, welche durch Anwendung hoher Spannungen und nasser, oder gesättigter Dämpfe, gar nicht oder doch nur schwer erreicht werden können.

9. Die Ueberhitzung ist für sich allein nicht im Stande den Wärme-Effect einer Kesselanlage intensiv zu erhöhen; — durch dieselbe wird nur die Ausnützung des Dampfes gesteigert und die Dampfmenge, also die „Beanspruchung" der Kesselheizfläche vermindert.

Der jeweilige Wärmeeffect wird nur indirect und auch da nicht wesentlich beeinflusst, weil der Einbau von Ueberhitzern den sonstigen Zustand der Kesselanlage nicht verändert.

10. Erst durch die Verbindung angewendeter Ueberhitzung mit der Erstellung vorteilhaftester Feuerungsanlagen und bester Ausnützung der durch verbrennende Kohle frei gewordenen Wärmemenge, kann die höchste Oekonomie erreicht werden.

Diese Thesen konnten wol bekämpft, aber nicht widerlegt werden!

Und die wissenschaftliche Welt, sowie die grössten Maschinenwerkstätten, als Centren der theoretischen und praktischen Entwicklung der Technik, mussten eingestehen, dass die sorgfältigsten Erwägungen und Versuche, die schärfsten Garantieproben — in den weitaus meisten Fällen nicht nur ein Einhalten, sondern ein Uebertreffen der zugesicherten Vorteile erwiesen hatten.

Einzelne Misserfolge, die ja überall sich ereignen und fast immer in besonderen Verhältnissen ihre Ursache finden, konnten an diesem Ergebnisse nichts mehr ändern und heute stehen wir am Anfange einer intensiven Entwicklung dieser Erfindung, welche eine neue Epoche in der Dampfbetriebs-Technik einzuleiten verspricht. Rasch haben sich in den letzten Jahren die Zahl der Ueberhitzersysteme vermehrt und in allen Ländern werden fortlaufend neue Constructionen patentirt.

Selbst die grössten Maschinenbauanstalten beginnen Ueberhitzer eigener Systeme zu bauen, sehen sie doch ein, dass gegen die Macht des Fortschrittes kein Widerstand sich dauernd erhält und jedes Zögern für sie nur Verlust bedeuten muss!

IV. Die mangelhafte Beschaffenheit des Dampfes als eine der Ursachen der bisherigen ungenügenden Oekonomie der Dampfbetriebe.

Der Industrielle fragt nun wol, wodurch diese ausserordentlichen bis zu ein Fünftel des bisherigen Verbrauches betragenden Ersparnisse an Dampf und Kohle, diese gesteigerten Leistungsfähigkeiten der ganzen Dampfbetriebsanlagen sich begründen, welche der Anwendung überhitzten Dampfes zugeschrieben werden?

Bis nun haben wir den in den Kesseln unserer Anlagen erzeugten Dampf, so wie er aus denselben trat, direct für die Dampfmaschinen und für die andern verschiedenen Zwecke (Beheizung, Trocknung etc.) in Verwendung gebracht.

Vom Dampfdome oder von einem gemeinsamen Verteiler, zweigten die einzelnen Rohrleitungen ab, welche den Dampf in die verschiedenen Abteilungen der Fabriksanlage zu bringen hatten.

Wol wussten die Industriellen und Kesselbesitzer, dass dessen Beschaffenheit von verschiedenen Verhältnissen abhängig war, so von der Construction und Beanspruchung der Kessel selbst, ferner dass je weiter der Dampf vom Erzeugungsorte verwendet wurde, sich dessen Qualität verschlechtere, die Verluste durch Condensation sich vermehrten und man hat längst erkannt, dass 2 Umstände es sind, welche diese Qualitätsverminderung verursachen und zwar:

1. Das mechanische Mitreissen von Wasser während der Dampfbildung im Kessel.

2. Die Condensation von Dampf durch unnötige Abküh-

lung desselben in den Rohrleitungen, Dampfmänteln, Dampfcylindern und Apparaten.

Die Kesselbesitzer hatten demnach die klare Erkenntnis, dass je „nasser“ der Dampf, desto geringer seine Leistung sei und sie bemühten sich, möglichst „trockenen“ Dampf zu erhalten.

Hier werde der Begriff „trockener und nasser“ Dampf näher erklärt.

Man benennt allgemein das normale Product der Wasserverdampfung im Kessel: gesättigten Dampf und versteht darunter Dampf, bei welchem unter Beibehaltung sonstiger Verhältnisse eine minimalste Temperaturverminderung genügt, um eine beginnende Condensation herbeizuführen.

Gesättigter Wasserdampf führt demnach kein tropfbar flüssiges Wasser — auch nicht in feinst verteiltem Zustande mit sich; Dampf oberhalb der Flüssigkeit, aus welcher er entstanden ist, ist aber immer „gesättigt“.

Wenn aber eine grössere, messbare Temperatur-Herabsetzung nötig wird, um im Dampf eine wenn auch nur teilweise Condensation herbeizuführen, so wird Dampf solchen Zustandes, als „überhitzter“ Dampf bezeichnet.

Sobald aber eine, wenn auch geringste Menge fein verteilten Wassers im Dampf enthalten ist, kann solcher Dampf nicht mehr „gesättigter“ Dampf genannt werden, sondern er heisst „nasser“ Dampf; die minimalste Verminderung der Temperatur wird hinreichen, um sofort eine ausgiebigere Condensation entstehen zu lassen.

Der Industrielle würde also den „gesättigten“ Dampf, wenn er solchen aus seinen Kesseln erhielte, schon als „gut trockenen“ bezeichnen können; ihm stand, wie in Folgendem erläutert wird, jedoch bis nun nur „nasser“ Dampf zur Verfügung!

Die Erzeugung nassen Dampfes bedarf sicherlich mehr Wärme, als die des gesättigten Dampfes. Die Wärmemenge, welche nötig ist, um das eintretende kalte Speisewasser im Dampf gewünschter Spannung zu verwandeln, muss den Feuergasen entnommen werden.

Hiezu ist es nöthig, dass die ganze an der Dampfbildung anteilnehmende Wassermenge auf die der Spannung entsprechende Temperatur gebracht werde.

Sieht man von der, durch das mechanische Mitreissen von Wasserteilchen geleisteten und ebenfalls von der Wärme ermöglichten Arbeit ab, so haben wir aber noch die sehr bedeutende Wärmemenge in Betracht zu ziehen, welche in dem, nahe der Dampftemperatur gebrachten mitgerissenem Wasser enthalten ist.

Diese Wärmemenge ist vollkommen nutzlos aufgewendet und darin liegt schon ein Teil der bis nun nicht vermeidbaren Verluste.

Der Unterschied zwischen „nassem" und „trockenem" Dampfe kann dem Auge besser in der Wirklichkeit vorgeführt werden, als auch die beste Erklärung zum Verständnisse zu bringen vermag. Lässt man nassen Dampf bei einem Probirhahn des Kessels oder einer Leitung ausströmen, so sieht der Strahl fast unmittelbar nach der Austritts-Mündung weiss aus und es kann sein Anfang ziemlich genau constatirt werden. Hinter dem Dampfstrahle gehaltene Gegenstände sind nahezu unsichtbar.

Je trockener der Dampf ist, desto mehr vergrössert sich der durchsichtige Zwischenraum zwischen Austrittsmündung und dem Beginn sichtbarer Dampfwolken.

Hinter dem Dampfstrahle befindliche Gegenstände bleiben bei überhitztem Dampfe sichtbar und die Wolkenbildung, welche nur durch die Condensation des Wasserdampfes und die Lichtbrechung in den einzelnen Wasserkügelchen verursacht wird, tritt erst weit vom Austritt des Dampfes ein; bei rascher Zerteilung des Dampfes erscheint sie gar nicht.

Gegen dieses mechanische Mitreissen des Wassers im Kessel versuchte man sich dadurch zu versichern, dass man die Grossraumkessel bevorzugte und zwar deshalb, weil man in der Anlage von grossen dampfentwickelnden Heizflächen, weiten Wasserspiegeln und reichlichen Wassermengen, die Gewähr sah, dass, da die Dampfbildung sich auf eine grosse Fläche verteilte, die Dampfentwicklung auch ruhiger von statten gehe; ferner, weil der Dampf beim Aufsteigen nur Wasserschichten geringerer Dicke zu durchdringen habe und weil in Folge grosser Wassermengen, bedeutende Wärmereservoire vorhanden seien, die im Stande wären, bei plötzlichem Mehrbedarfe an Dampf wie Accumulatoren mitzuhelfen und so einen regulirenden Einfluss im Betriebe ausüben könnten.

Dadurch werde die Erzeugungs-Geschwindigkeit des Dampfes verringert, woraus folge, dass ein Mitreissen von Wasser „während" der Erzeugung möglichst beschränkt werden könne.

Aber die notwendige Vergrösserung der einzelnen Fabriksbetriebe, als auch das Bestreben möglichst wenig Capital in die Dampfhäuser zu investiren, vereitelte die besten Absichten der Constructeure und bei Ueberschreiten der normalen Beanspruchungsziffern wurde der Kessel forcirt. Der Dampf erhielt hohe Erzeugungsgeschwindigkeiten, das Wärmereservoir des grossen Wasserraumes verlor den grössten

Teil seines Einflusses, weil der Wasserinhalt in kürzester Zeit in Folge des raschen Wasserersatzes durch beständiges und ausgiebiges Speisen immer wieder erneut werden musste — der Dampf wurde also nässer und minderwertiger.

Das gesteigerte Verlangen nach Platzbeschränkung und die Forderung nach höchster Dampfspannung, sowie die erstrebte Verringerung des Umfanges der Explosionsfolgen und die aus Gründen der Construction und Ausführung erwünschte Vermeidung grosser Durchmesser, starker Bleche und Nieten — veranlasste die zunehmende Verwendung der Wasserröhren-Kesselsysteme.

Nun musste man auf grosse Wasser- und Dampfräume, auf weite Wasserspiegel, ausgedehnte, direct dampfentwickelnde Flächen verzichten und bei diesen neuen Systemen steigerte sich das mechanische Mitreissen von Wasser ganz wesentlich.

Dieses erhöhte sich besonders bei „stärkerer“ Beanspruchung und wurde durch fehlerhafte Constructionen ausserordentlich begünstigt.

So unterliessen es manche Constructeure, die Querschnitte der dampfdurchlassenden Rohre, Kammern und Stutzen richtig zu bemessen, sie gaben den Wasserkammern resp. dem Röhrenbündel zu grosse Höhen, statt weit grösseren Breiten; sie verringerten aus Rücksicht auf die Concurrenzpreise die Grösse der Oberkessel und steigerten, um möglichst viel und billige Heizfläche zu erzielen, die Rohrlängen, obwohl es ihnen ganz klar sein musste, dass eigentlich dampfentwickelnd nur ein „Bruchteil“ der ganzen im Offert angegebenen Heizfläche sein konnte!

Sie verbauten die Oberkessel durch complicirte Wasserabscheider, die alle in Wirklichkeit gleich viel, nämlich „nichts“ werth sind, erzwangen getrennte Circulationen von Wasser und Dampf, combinirten die Kessel mit eigenen Umströmvorrichtungen, um die Leistungsfähigkeit, d. i. die Dampfproduction, zu erhöhen; ergänzten sie sehr künstlich durch Grossraumkessel, wodurch aber die Vorteile der kleinen Durchmesser und des geringen Raumbedürfnisses, sowie der Einfachheit verloren gingen — kurz diese Systeme wurden fast mit Vorbedacht derart verbessert, dass sie viel von dem Beifalle verloren, dessen sie sich anfangs zu erfreuen hatten!

Alle diese Einrichtungen waren überdies ohne durchschlagenden und dauernden Erfolgen, aber sie wurden sämmmtlich in richtiger Erkenntnis der durchaus mangelhaften Qualität des Dampfes und deren Ursachen getroffen.

Nun könnte, nehmen wir an, der Dampf im Kessel selbst durch

irgend welche gelungene Erzeugungsart „gesättigt“ oder wie die Kessellieferanten mit Vorliebe sagen, „technisch trocken“ sein, so würde dieser in Wirklichkeit nicht gut erreichbare Zustand, noch nicht die vorzügliche Beschaffenheit und gute Eignung des Dampfes am Orte der Verwendung gewährleisten.

Durch sein Verweilen in den Rohrleitungen wird er abgekühlt; er muss Wärme abgeben, um die Leitungen selbst auf seine Temperatur zu bringen und in derselben zu erhalten, da letztere sowohl durch Strahlung, als auch durch Leitung Wärme an die Luft und an die in ihrer Nähe befindlichen Körper übertragen.

Diese Wärmeabgabe wird aber nur durch ein Condensiren des Dampfes möglich; dieses Condensiren bewirkt eine stetige Vermehrung des Wassergehaltes in den Leitungen und einen grossen Dampfverlust.

Wir wissen, dass die Condensation am Umfange der Rohrleitungen stattfindet und dass sich das Condensat mit dem Dampfe, welcher mitunter grosse Geschwindigkeiten besitzt, fortbewegt.

Es wird also am Umfange und nicht nur an der tiefsten (untersten) Stelle der Rohrleitungen auftreten und zum grossen Teil den Dampf bis am Orte seiner Benützung begleiten.

Wenn also auch der Dampf „technisch trocken“ den Kessel verlässt, so wird er in der Dampfleitung und zwar in Abhängigkeit vom Durchmesser, Material, Zustand derselben und von den örtlichen Verhältnissen, seine ursprüngliche Güte verlieren und nicht mehr trocken noch gesättigt sein. Er wird also stets „nässer“ in die Maschinen und Apparate eintreten, als er den Kessel verlässt.

Gegen dieses Condensiren, (Wasserbildung) des Dampfes in den Rohrleitungen, schützte man sich so gut wie möglich durch Isolirung (Einhüllung) derselben und wohl an 100 Isolationsmassen und unzählige Metoden der Isolirung sind — eine besser als die andere — in Gebrauch gekommen.

Man schaltete Condenstöpfe ein, die das aus dem Dampf verdichtete Wasser abfangen sollten, damit es nicht in die Dampfcylinder und Apparate gelange, verlegte die Leitungen in möglichst abfallender Richtung, sammelte diese Condenswässer und führte sie in den Kessel zurück, — so einen ganz geringen Teil der bei der Dampferzeugung verbrauchten Wärme wieder gewinnend; man baute unmittelbar vor Eintritt des Dampfes in die Maschinen Entwässerer und Wasserabscheider, versah die Trommeln der Trockencylinder in den Papierfabriken und der diversen Apparate der Textil- und chemischen In-

dustrie sogar mit solchen, welche eine ununterbrochene und rasche Entfernung des Damfcondensates zu bewirken haben, — alles in der Absicht, eine möglichst vollkommene und rascheste Trennung von Wasser und Dampf, dieser 2 sich feindlich gegenüberstehenden Agregatformen, durchführen zu können.

Die Dampfcylinder selbst wurden durch sorgfältige Einhüllung möglichst vor Abkühlungsverlusten bewahrt, mit Dampfmänteln versehen, welche entweder durch umströmenden Arbeitsdampf oder besser durch Frischdampf allein, geheizt wurden, und die den Zweck haben, die Wände und Deckel der Dampfcylinder vor unnötigen Abkühlungsverlusten zu schützen und überflüssige Condensationen im Cylinder zu vermeiden. Je nässer eben der Dampf ist, desto leichter kühlt sich das Gemisch von Wasser und Dampf ab.

Diese Abkühlung bringt ausser dem Dampfverluste durch Condensation, auch noch Druckverlust mit sich; beides verlangt wieder gesteigerte Füllungen in den Dampfcylindern und Apparaten, denn das im Dampf enthaltene fein verteilte Wasser trägt zu der Kraftleistung nichts bei; es schlägt sich zum grossen Teile an den Cylinderwänden nieder und befördert die schädliche Abkühlung derselben. Für die gleiche Leistung müssen daher die Füllungs- resp. Einströmungs-Querschnitte vergrössert werden, um die erforderliche Menge arbeitenden Dampfes einzulassen; aus diesem Grunde steigt der Dampfverbrauch beziehungsweise der Kohlenconsum der Dampfmaschine und dieser nimmt in dem Maasse zu, als sich die Forcirung des Kessels erhöht; denn der gesammte Dampfverbrauch der Maschine setzt sich zusammen aus dem Nutzdampfe, welcher die Arbeit leistet und aus allen Condenswässern der Leitung und der Dampfmäntel, vom Dampfventil des Kessels an, bis zum Dampfaustritt aus dem Cylinder!

Alle diese Verhältnisse sind bekannt und doch ist es notwendig, diese aus der Construction und Bedienung unserer Dampfbetriebsanlagen sich ergebenden Missstände, die tatsächlich heute noch bei fast allen Anlagen wenig oder gar nicht vermindert fortbestehen und die von Wenigen in ihren Ursachen klar erkannt werden, in Erinnerung zu bringen.

V. Die Ueberhitzung und ihre Beziehungen zu den vorhandenen Betriebseinrichtungen; die Veredlung des Rohdampfes.

Durch die Einführung des überhitzten Dampfes wird nun eine der grössten Ursachen der Wärmeverschwendung, nämlich der überflüssige Dampfverbrauch behoben.

Wol erzeugen die Dampfkessel selbst noch nassen Dampf und die Bildung nassen Dampfes im Kessel kann wol in ganz geringem Maasse beschränkt, aber nicht verhindert werden.

Wenigstens haben unsere derzeitigen Kesselconstructionen, ohne Ausnahme, auch mit allen bisher angebrachten Verbesserungen, uns hierin nicht helfen können und es ist eine Form „unlauteren Wettbewerbes," wenn Kesselbauanstalten oder ihre Agenten den vertrauensseligen Kesselkäufern versichern, dass ihr Kessel — aber allerdings nur ihr Kessel, absolut technisch trockenen Dampf liefere, weshalb ihr System „keiner" diesbezüglichen Verbesserung bedürfe.

Manche von ihnen scheuen sich nicht, die Einwendung: „dass ihr System sich im Wesentlichen von andern nicht unterscheide und die Tätigkeit des Wasserabscheiders im Oberkessel doch nicht „alles" ausmachen könne", in der Weise zu beantworten: „dass dieses System eben hundertfacher Erfahrung (?) nach, absolut technisch trockenen Dampf liefere und jede angebliche Verbesserung ihres Kesseldampfes eine Complication sei, die den gesammten Betrieb erschwere und keineswegs den gehofften Vorteil bringe".

Und sie finden leider noch genug Leichtgläubige, die ihren Argumenten unbedingt Glauben schenken!

Wie leicht ist „technisch trockener" Dampf garantirt, wie schwer das Gegenteil bewiesen!

Wir haben bis heute noch kein Mittel — keine Metode —, welche durchaus verlässlich und bequem die Dampfnässe des vom Kessel unter verschiedenen Verhältnissen gebildeten Dampfes, bestimmen liesse.

Eine Reihe namhafter Forscher hat sogar, allerdings auf Grund der Resultate einer Metode, welche zu Zweifeln viel Anlass gibt, (chemische Metode) offen bezweifelt, dass im Kesseldampf grössere Mengen mitgerissenen Wassers enthalten seien, während andere „nicht geringere Gelehrte z. B. als einer der Ersten „Hirn" selbst durch eine andere Bestimmungsweise (calorimetrische Metode) ziemlich beträchtliche Mengen nachgewiesen haben (2—6%); gleiche Resultate

haben der hervorragende amerikanische Gelehrte „Thurston“ und der Engländer „Unwin“ theils mit der calorimetrischen Metode von „Hirn,“ theils mit den Metoden durch Ueberhitzung von Barrus und Carpenter, erhalten. — Gegenüber den allgemeinen empirischen Resultaten und Beobachtungen der Betriebsverhältnisse, erscheinen auch die letzerwähnten Werte noch zu gering.

Die Garantie „technisch trockenen“ Dampf zu liefern, kann also leicht geboten werden, weil sie nicht controllirt werden kann.

Wir haben aber die positive Erfahrung aus zahlreichen Verdampfungsversuchen zur Seite, die bestätigt, dass die verschiedenen Kesselsysteme auch bei gleicher Beanspruchung ihrer Heizflächen verschieden technisch trockenen Dampf geben.

Dieselbe Erfahrung lehrt uns, dass zu hoher Wasserstand, beziehungsweise zu kleine Dampfräume im Kessel den Dampf weit nässer werden lassen, als normaler Wasserstand oder grosse Dampfräume.

So können wir weiters aus den gewiss nicht selten vorkommenden hohen und unglaubwürdigen Verdampfungsziffern (Gewicht der von 1 *kg* Kohle verdampften Wassermenge) ganz bestimmt auf ein starkes Mitreissen von Wasser schliessen, allerdings ohne die Menge des mitgerissenen Wassers sicher bestimmen zu können.

Wir wissen, dass unter gleichen äusseren Verhältnissen die Menge an Condenswasser bei verschiedenen Systemen verschieden ist und sind sicher, dass das Ergebniss oder die bessere Meinung von Wasserröhrenkesseln, hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben ist, dass diese mit hohen Spannungen arbeiten und deshalb — auch bei nässerem Dampfe — den älteren, Dampf niederer Spannung erzeugenden Kesseltypen, überlegen sind.

Unsere jüngsten und besten Zeugen sind aber die Resultate der Anwendung überhitzten Dampfes selbst!

Niemand kann ernstlich zweifeln, dass kein Kesselsystem „gesättigten“ Dampf im Sinne der wissenschaftlichen Auffassung (Seite 9) zu erzeugen vermöge; doch müssen wir bei jenen Systemen der Feuerröhrenkessel, bei denen der Dampfraum von einem Röhrenbündel zerteilt wird, durch welches die noch heissen abziehenden Feuergase ihren Weg nehmen, eine Ausnahme machen, weil diese verhältnissmässig wenig bekannten und verwendeten Systeme, thatsächlich gut trockenen, ja manchmal schwach überhitzten Dampf geben. (Ausführungsgründe und Wasserbeschaffenheit verhindern in sehr vielen Fällen die grössere Verbreitung dieser Kesseltype).

Wir glauben, dass dieses Mitreissen des Wassers eine Folge der

intensiven Dampfbildung ist und von der Erzeugungsgeschwindigkeit des Dampfes, der Beanspruchung der Heizfläche, sowie von der Kesselconstruction beeiflusst wird.

Bei Flammrohrkesseln z. B. wird die Erzeugungsgeschwindigkeit nicht unwesentlich kleiner sein, als bei Wasserohrkesseln; deshalb kann man bei steigender Beanspruchung dieser letztmodernen und in vielen Fällen durchaus empfohlenen Typen mit positiver Sicherheit schliessen, dass bei Kesseln dieses Systemes und bei allen solchen, bei welchen die activste, hauptsächlichste Dampferzeugung auf einen kleinen Teil ihrer angeblichen Heizfläche beschränkt ist, das Mitreissen von Wasser während der Dampfbildung und der Ansammlung im Dampfraume, weit stärker sein muss als bei Grossraumkesseln und ähnlichen Systemen, bei denen gleichzeitig ein grösserer Teil der Gesammtheizfläche an der Dampferzeugung Anteil hat.

Alle diese Erkenntnisse berechtigen das Urteil, dass es keinen Kessel gibt, der uns Dampf von solcher Qualität dauernd verschaffe, dass diese Verlustquelle geschlossen werden könne.

Darüber helfen uns keine noch so angepriesenen Constructionen und es täuschen uns keine Versicherungen der Kesselbauanstalten, eine Anpreisungen der Agenten und keine noch so hohen Garantien der Erfinder.

So sind wir genötigt, bei den derzeit bekannten und verwendeten Kesselsystemen die Dampfnässe mit in den Kauf zu nehmen.

Bezeichnen wir das aus unseren Kesseln erhaltene Erzeugniss als „Rohdampf" und trennen wir den bisherigen Vorgang der Dampferzeugung in zwei Stufen:

1. in die Erzeugung des Rohdampfes,
2. in die Veredlung desselben.

Man ersieht sofort, dass die erste Stufe nicht mehr in dem Maasse als sonst die Wahl eines bestimmten Kesselsystemes nötig macht, welches angeblich allein den trockensten Dampf erzeugen kann, sondern es werden nunmehr im Princip alle bisherigen Systeme der Bedingung „Rohdampf" d. i. „nassen" Dampf zu erzeugen, entsprechen.

Ja selbst die Grösse der Kessel wird von anderen Gesichtspunkten, von anderen Erwägungen aus bestimmt werden können, als solche bis jetzt ausschliesslich hiefür in Betracht gekommen sind; man wird nunmehr bei eventueller Entscheidung für eine kleinere Heizfläche, die dadurch wahrscheinliche grössere Dampfnässe nicht

mehr fürchten, sondern man wird dafür der Veredlung des qualitativ weniger guten Dampfes seine grössere Aufmerksamkeit zuwenden müssen.

Allerdings wird der erfahrene Fachmann wol zu überlegen haben, dass er diese Freiheiten in der Wahl des Systems und in der Grösse der Heizfläche nicht falsch deute und nicht die Grenzen der Zulässigkeit überschreite.

Er wird eben je nach den vorliegenden Verhältnissen, nach Platzbedarf, Sicherheit des Betriebes, Oekonomie, Dampfverwendung, verfügbarem Anlagecapital, Beziehungen der umgebenden Objecte u. dgl. zu erwägen haben, welche beste Entscheidung zu treffen sein wird. Er wird sich aber auch vor Augen halten müssen, dass ein besseres Rohproduct ein weniger nasser Dampf, durch eine kleinere Ueberhitzer-Anlage, eine raschere und bessere Veredlung ermöglicht, als dies bei Dampf der in einem übermässig beanspruchtem Kessel erzeugt worden ist, durchgeführt werden kann.

Mitbestimmend wird auf die Wahl und Grösse des Kessels daher noch der Umstand sein, ob man von vorne herein eine bereits angestrengte Anlage haben will, deren Nutzeffect in Ansehung der von der Kohle nutzbar abgegebenen Wärme, sicherlich trotz Einführung der Ueberhitzung nicht besser ist, als jener eines normal beanspruchten Dampferzeugers; ferner ob die Verhältnisse, welche den vorhandenen Brennstoff betreffen, die Wahl von Innen- oder von Aussenfeuerungen beeinflussen können u. s. w.

Auf alle Fälle hat der Kesselkäufer nur an dem Grundsatze festzuhalten, dass die Dampferzeugung in zwei Perioden zu trennen sei und dass er ausser dem Kessel noch einen Apparat einzustellen habe, welcher den Rohdampf des Kessels dadurch veredelt, dass er ihn von seiner Feuchtigkeit, seinem mitgerissenen Wasser durch Trocknung beziehungsweise Ueberhitzung befreie.

Die vorhergehende Darlegung soll aber nicht den Anschein erwecken, als ob die Frage der Anwendung der Ueberhitzung nur ein Interesse für neu zu errichtende Dampfanlagen habe.

Der Industrielle hat es jederzeit in der Möglichkeit, auch bei jeder seiner Dampfanlagen diese Trennung der Dampferzeugung durchzuführen und der Erfolg muss der gleiche sein, ob der minderwertige Dampf von einem bereits vieljährig bestehenden oder von einem neuen Kessel geliefert wird.

Gerade an älteren, meist sehr überangestrengten Anlagen hat der Einbau von Dampfüberhitzungsapparaten jene überraschenden Ergeb-

nisse gezeigt, welche Eingangs erwähnt worden sind, und eben diesen alten und schlechten Betrieben danken wir die ausserordentliche Erweiterung der Anwendung des überhitzten Dampfes; der Industrielle würde aber sehr irren, der sich der Anschauung hingebe — bei seiner alten Anlage könne er nichts mehr anwenden — er warte, bis die Zeit gekommen sei, gründliche Reconstructionen vorzunehmen.

Die Investition von Dampfüberhitzern bringt dem Kesselbesitzer so viele Vorteile, dass es ganz gut möglich wird, auch bei ältesten und sehr unökonomischen Betrieben nach dieser Ergänzung mit der vorhandenen Anlage noch rationeller als früher bei nicht forcirtem Betriebe zu arbeiten und die viel Anlagekosten erfordernde Reconstruction auf spätere günstigere Zeiten zu verschieben, ohne besorgen zu müssen, dass diese Verschiebung allzu grosse Nachteile im Gefolge habe.

In diesem Anpassungsvermögen und in der Befähigung bei jeder Anlage, ob neu oder alt, die principiell gleichen Vorteile zu bringen, liegt die Gewähr, dass diese Erfindung einen universellen, allgemeinen Wert besitze.

Erst nachdem die Erfahrungen bei schon lange bestandenen, stark und ungleich beanspruchten Dampfkesseln vorlagen, ist das Vertrauen in diese Neuerung derart gestiegen, dass auch bei Neuanlagen der erfahrene Ingenieur die Unterstützung der Dampferzeugung durch die Ueberhitzung des Dampfes in Zukunft unbedingt vorzusehen haben wird.

Den abweisenden Anschauungen Jener, welche behaupten, dass bei gut eingerichteten Neuanlagen die Ueberhitzer wertlos seien und erstere auch ohne diesen Apparaten gleich gute Resultate ergeben, darf man ruhig entgegnen, dass es einzig und allein an ihnen liege, dies durch epochemachende Vorschläge und praktische Ausführungen zu erweisen.

Gelänge es ihnen auch, solche Resultate zu erzielen und gleichzeitig mit verhältnissmässig geringen Kosten gleichartige Ergebnisse überall zu erreichen, so werde man ihrer Gegnerschaft Billigung und Anerkennung nicht versagen dürfen — sie könnten sich dann rühmen, der Dampftechnik neue, bessere Bahnen gewiesen zu haben!

So lange aber statt solcher positiven Beweise nur die einfache Verneinung ihr Argument sei, müsse jede weitere Debatte ausgeschlossen werden.

In jüngster Zeit sind vom Elsässischen Dampfkessel-Revisionsverein durch dessen Director Walter-Meunier und dem Ingenieur

Ludwig, eben an modern ausgeführten Neuanlagen umfassende Prüfungen und Versuche gemacht worden, die erweisen, dass die Anwendung der Dampfüberhitzung ohne Zweifel auch bei solchen ihre volle Berechtigung habe und die Ergebnisse geben klar und beredt den ausserordentlichen Wert dieser Einrichtung zum Ausdruck.

Nicht bestritten werde, dass je besser die Dampfbetriebsanlagen ausgeführt sind, umso geringer der Vorteil durch Einführung der Ueberhitzung sich erweisen wird.

Schon die mässige Beanspruchung der Kesselheizfläche, die Wahl genügend hoher Spannungen, die sorgfältige Einmauerung, sachgemässe Feuerbedienung, die möglichste Ausnützung der abziehenden Schornsteingase etc., werden wesentliche Vorteile, teils direct durch Verminderung des Kohlenconsums, teils indirect durch Förderung der Fabrication, erweisen lassen; aber wie wenig solcher guter Anlagen gibt es und in welch kurzer Zeit werden selbst die Besten zu klein!

Von Jahr zu Jahr steigert sich deren Beanspruchung und in kurzer Frist werden sie lange nicht mehr die günstigen Betriebsverhältnisse besitzen, als zur Zeit ihrer Erstellung.

Und dann kommt solchen Anlagen die Ueberhitzung erst wieder zu Hilfe, welche mit geringem Wärmeaufwande die Eigenschaft des Dampfes so zu verbessern vermag, dass dessen Qualität auch bei angestrengtem Betriebe noch eine ausgezeichnetere ist, als sie bei normaler, mässiger Beanspruchung früher war.

VI. Die Ueberhitzung und ihr Einfluss auf den Nutzeffect der Dampferzeuger.

Jede wachsende Beanspruchung eines Dampfkessels vermindert dessen Gesammteffect; natürlich in Voraussetzung, dass dadurch dessen normale Inanspruchnahme überschritten werde.

Der Gesammteffect einer Kesselanlage wird ausgedrückt durch das Verhältniss der direct zur Dampferzeugung verwendeten Wärmemenge zu jener, welche durch die Verbrennung auf dem Roste entwickelt wird.

Er ist aber von so vielen Verhältnissen beeinflusst, dass es nicht möglich ist, bestimmte Vorschreibungen zu machen, nach welchen, gleich wie nach einer mathematischen Formel, die Aufgabe, einen vollkommenen Effect zu erzielen, gelöst werden könnte.

Um dieses klar zu machen, bedürfen wir nur die bei jeder Feuerung auftretenden Verluste zu untersuchen.

Dieselben bestehen aus den folgend angeführten:

1. Wärmeverluste durch Abzug der noch heissen Feuergase in den Schornstein.

2. Wärmeverluste durch unvollkommene Verbrennung (Kohlenoxydgasbildung und Durchfall unverbrannter Kohle durch den Rost).

3. Wärmeverluste aus der Verdampfung von in der Verbrennungsluft und in der Kohle enthaltenem Wasser (chemisch und hygroskopisch gebunden, Gruben und Lagerungsfeuchtigkeit).

4. Wärmeverluste aus der notwendigen Erhitzung ausgeschiedener Schlacke und Asche.

5. Wärmeverluste durch die notwendige Erwärmung von übermässig in die Feuerung eindringenden Luftmengen.

6. Wärmeverluste durch Strahlung und Leitung der Feuerung, des Kesselmauerwerkes, vorstehender Kesselteile u. s. w.

7. Wärmeverluste durch mangelhafte Uebertragung der Wärme durch die Kesselbleche in das Wasser (zu grosse Blechstärken, Russ, Flugasche und Kesselsteinansammlungen).

Diese Aufzählung lässt schon deutlich erkennen, dass die Grösse eines jeden einzelnen dieser Wärmeverluste sich fast unabhängig von den andern verändern kann; sie bestätigt, dass System, Kesselgrösse, äusserer Zustand, Bedienung, Zugsverhältnisse, Brennmaterial, constructive Ausführung, einzeln und znsammengenommen die Grösse des Gesammteffectes der Feuerungsanlage bestimmen.

Nehmen wir nun für unsere Untersuchungen nur zwei Momente in Betracht, welche bei gesteigerten Beanspruchungen das Gesammtergebniss hauptsächlich beeinflussen und zwar:

1. Die Vermehrung des Schornsteinverlustes durch die erhöhte Endtemperatur der abziehenden Gase.

2. Die Zunahme der Dampffeuchtigkeit in Folge Forcirung der Heizflächen.

Wenn nur die Erhöhung der Temperatur „gesättigten" Dampfes, bei der Ueberhitzung in Betracht kommt, so bedarf man hiefür nur einer sehr geringen Wärmezufuhr.

Gesättigter Dampf von z. B. 6 atm. Ueberdruck besitzt eine Temperatur von 164°/₀ Celsius. — Um ein Kilogramm dieses Dampfes bis auf 250°/₀ Celsius zu überhitzen, muss den Feuergasen eine Wärmemenge von nur 41 Calorien (Wärmeeinheiten), entnommen werden; man erhält eine Vorstellung dieser Wärmemenge, wenn man

erfährt, dass z. B. ein Kilogramm mittlerer schlesischer Steinkohle ungefähr 7000 Calorien enthält. — Wird nun gerechnet, dass von dieser Wärme an 30% durch Verluste verloren gehen, so bedeuten diese 41 Calorien noch immer nicht mehr, als die nutzbar abgegebene Wärmemenge von $^1/_{120}$ *kg* Kohle, d. s. 8·33 *g* —, welche zur Erreichung der Ueberhitzung auf 250° Celsius verfeuert werden müssten.

Die zur Ueberhitzung nötige Wärmemenge erreicht also in diesem speciellen Falle — bei gesättigtem Dampfe, eine sehr geringe Ziffer.

Anders würde es allerdings sein, wenn die Dampffeuchtigkeit resp. Dampfnässe intensiv zunimmt. Für diesen Fall steigert sich die den Feuergasen zu entnehmende Wärmemenge, weil das im Dampfe enthaltene Wasser nachverdampft werden muss.

Aber es ist dennoch die den Feuergasen total entzogene Wärmemenge meist nicht so bedeutend, dass die beim Rauchschieber gemessene Endtemperatur der Essengase dadurch wesentlich gemindert würde; eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Ueberhitzungssystemen und selbst mit Schmidt'schen Heissdampfanlagen bestätigte, dass die Ueberhitzung kaum mehr als 5—6 Procente Effectsvergrösserung erzielen lässt; in den allermeisten Fällen wird aber auch diese Ziffer nicht erreicht werden. Zu bemerken ist hier ausdrücklich, dass bei den an vorbenannten Heissdampfanlagen angeschlossenen Ueberhitzern tatsächlich ein grösserer Teil ihrer Heizfläche, das Verdampfen der aus dem Hauptkessel durch absichtliche Forcirung übergerissenen Wassermenge besorgen muss und diese daher nicht als Ueberhitzungsapparate allein, sondern zu einem Teil als Verdampfer betrachtet werden müssen; allerdings erhalten sie dort Wasser mit Dampf gemischt aber die hier intensivere Herabsetzung der Essengastemperatur hat den gleichen Vorgang, wie bei unseren noch gebräuchlichen Dampfkesseln und Vorwärmern als Ursache, — nämlich die Bildung von Dampf durch Wärme überhaupt. Man weiss, dass diese Bildung je nach der Höhe der Spannung 7 bis 10mal mehr Wärme benötigt, als die Steigerung der Dampftemperatur bis auf das Doppelte ihrer ursprünglichen Höhe an Wärme bedarf und diese Erwägung lässt klar ersehen, warum, bei diesen Heissdampfanlagen, die den forcirten Dampfkessel mit über 5 bis 700° Celsius verlassenden Feuergase meist mit einer Temperatur von nur 180 bis 250% Celsius in den Schornstein eintreten.

Diese Tatsache unterstützt die im Vorhergegangenen erläuterte Trennung der Dampferzeugung umsomehr, weil sie den

Erweis ergibt, dass durch diese, wenn auch keine wesentliche Effectsverbesserung, so doch keine Effectsverminderung eintreten wird, wie von Gegnern behauptet worden ist. — Da aber in Folge der Ueberhitzung die vom Kessel zu erzeugende Dampfmenge für die gleiche Leistung wie früher sich bedeutend verringert, wird die Beanspruchung der Kesselanlage und der Rostfläche ihrer Feuerung, unter Voraussetzung des Beibehaltens der gleichen Kesselzahl, ganz wesentlich vermindert und diese Veränderung ist im Stande, auf die Wärmeverluste einzuwirken; so kann eine Herabsetzung der Endtemperatur der Essengase den Schornsteinverlust bedeutend verringern.

In solchen Fällen wird man auch höhere Verdampfungs-Ziffern bei Anwendung der Ueberhitzung gegenüber Anlagen, bei welchen diese Einrichtung fehlt, constatiren können.

Wurden aber gleichzeitig auch noch andere den Effect der Feuerung unterstützende Einrichtungen an dieser Kesselanlage in Anschaffung gebracht, so werden wir die dadurch erzielten Erfolge von jenen der durch die Ueberhitzung für sich erreichten zu trennen haben, um ein richtiges Urteil zu fällen.

In einigen besonderen Fällen sind sogar mindere Verdampfungsziffern gefunden worden; es ist also, trotzdem der gesammte Kohlenbedarf für die gleichen Betriebsverhältnisse sich verminderte — der Effect der Feuerungsanlage gesunken. Das ist kein Widerspruch, denn die Ueberhitzung hat keinen oder doch nur einen geringen Einfluss auf die Feuerungsanlage und wenn ohne Ueberhitzung z. B. 4 Kessel, mit Ueberhitzung nur mehr 3 Kessel in Betrieb standen, so kann es wol möglich sein, dass bei drei Kesseln auf den Quadratmeter ihrer Heizfläche eine grössere Dampfproduction kam, als früher eine solche bei 4 Kesseln sich ergab.

Auch können in Folge dessen die Endtemperaturen der Essengase gesteigerte sein, wodurch die Schornsteinverluste eine Vermehrung erfahren, gleichbleibende Bedienung und unverminderter Luftüberschuss vorausgesetzt. —

Die Kesselanlage blieb also forcirt, aber statt 4 Feuerungen waren nur mehr 3 zu bedienen und während früher die Dampfmaschinen und Apparate nur nassen Dampf minderer Qualität in weit grösserer Menge verbrauchten, erhielten dieselben jetzt überhitzten Dampf und benötigten nun 20 Procent weniger an solchem, als an nassem Dampfe.

Den Versuchen von Walter-Meunier sei ein, diese Verhältnisse illustrirendes Beispiel entnommen und hier angeführt:

Beobachtung	ohne Ueberhitzung	mit Ueberhitzung
Anzahl der Kessel im Betriebe	4	3
Heizfläche derselben m^2	188	141
Rostfläche „ „	9·6	7·6
Dampfspannung atm.	6·1	6·1
In 10 Stunden verdampfte Wassermenge m^3	56·0	45·0
d. i. per 1 Stunde und 1 m^2 Heizfläche Liter	29·2	31·6
in 10 Stunden verbrannte Kohlenmenge *kg*	9860	7950
d. i. per 1 Stunde und 1 m^2 Rostfläche *kg*	98·6	107·0
Wasser verdampft pro 1 *kg* Kohle auf 0° reducirt in *kg*	5·67	5·68
Temperatur des Speisewassers C°	13°	12°
Endtemperatur der Essengase hinter d. Economiser C°	181·6	184·5
Leistung der Dampfmaschinen HP	553	564
Kilogramm Dampfverbrauch per 1 Stunde und 1 HP	9·9	7·9
Daher Vorteil der Ueberhitzung in Procenten an Dampf %		20·24
Daher Vorteil der Ueberhitzung in Procenten „ Kohle „		20·22

Diesen officiellen Versuchs-Ergebnissen seien folgende Erwägungen beigefügt.

Eine Kohle von 5600 Calorien vorausgesetzt, berechnet sich der Nutzeffect der Kesselanlage

ohne Ueberhitzung auf ca. 64·8%
mit „ „ ca. 65·0%

d. h. von der auf dem Roste erzeugten Wärmemenge sind mit und ohne Ueberhitzung nahezu gleichviel Quantitäten zur Dampferzeugung verwendet worden. Der Effect der Kesselfeuerung ist daher unverändert geblieben.

Der Preis dieser Kohle betrage z. B. per 1 Waggon loco Kesselhaus zu 10.000 *kg*, 100 fl. = 166 Mark.

Ohne Ueberhitzung kostet die tägliche Leistung von 553 Pferdekräften demnach 98·6 fl. = 164 Mark, hingegen mit Ueberhitzung, welche eine kleine Leistungserhöhung bewirkte, bei 564 Pferdestärken 79·5 fl. = 133 Mark.

Ohne Ueberhitzung benötigte aber 1 m^3 Wasser zur Verdampfung fast ebensoviel Kohle als mit Ueberhitzung, nämlich ca. 176 *kg*.

Es haben sich also die Dampfkosten keineswegs vermindert, hingegen ist der Dampfverbrauch um 20% bei gleicher Gesammtleistung herabgesetzt worden.

Wenn man daher unter dem Effect einer Kesselanlage versteht, wie viel Wärme aus der Kohle nutzbar gemacht wurde, so dürfte

man ohne wissentlicher Irreführung nicht behaupten, dass die Ueberhitzung unbedingt den Effect vergrössern werde; wird aber darunter verstanden, dass man mit bedeutend weniger Dampf die gleiche Leistung erreiche, dann entspricht diese Anschauung vollkommen den theoretischen Erwägungen und praktischen Erfahrungen.

Der Wärmeeffect einer Kesselanlage wird durch die Verdampfungsziffer bestimmt; diese Ziffer lesen wir aus den Aufschreibungen an gewogener Kohle und gewogenem oder gemessenem, in den Dampfkessel einzuspeisendem Wasser. Wir erhalten so die ganze in den Kessel geführte Speisewassermenge und setzen diese gewöhnlich gleich der Dampfmenge, welche das Dampfventil verlässt; aber, nachdem ein Teil des Kesselwassers, manchmal ein sehr geringer, manchmal ein grösserer, bei der Dampferzeugung und beim Austritt mitgerissen wird, ist die am Wassermesser abgelesene Speisewassermenge grösser, als das wirklich erzeugte Quantum an gesättigtem Dampfe.

Die erhaltene Verdampfungsziffer täuscht uns und der wirkliche Wärmeeffect ist tatsächlich kein so hoher, als unsere einfache Berechnungen aus Kohlen- und Wasserverbrauch ihn ergeben.

Was nützt auch höchst angegebener Effect — was frommen uns Garantien von 73 und mehr $^0/_0$, wenn Maschinen und Apparate dann doch noch von dem erzeugten nassen Dampfe um $^1/_5$ mehr gebrauchen, als von überhitztem, veredeltem Dampfe!

Maassgebend wird daher in Zukunft die Qualität des Dampfes sein, denn diese bestimmt die Verbrauchsmenge, die Quantität.

Soll nun auch die wirkliche Verdampfungsziffer gehoben werden, so müssen wir die Wärmeverlustquellen (Seite 20) möglichst verschliessen. Dies geschieht unabhängig von der Ueberhitzung, da wir vor allem ein Herabsetzen der Endtemperatur der Essengase durch eine gute regelmässige Bedienung, normale Rostbeanspruchung und Ausnützung der Heizgase mittelst Vorwärmer und Economiser zu erstreben haben; weiter ausschauend müssen die Grössen der Kessel (für normale Heizflächen-Inanspruchnahme) und die Höhe der Dampfspannungen den Forderungen eines ökonomischen Betriebes entsprechen.

Dann erst — durch Vereinigung und gegenseitige Ergänzung der durch die Ueberhitzer und die andern beregten Veränderungen erreichten Vorteile, wird ein Effect erzielbar sein, der mit unseren bisherigen Anlagen hat bis nun nicht erreicht werden können!

Ein weiterer wesentlicher Umstand, welcher die Beziehungen zwischen Ueberhitzer und Dampfkessel betrifft, ist der, dass die Lei-

stungsfähigkeit der ganzen Kesselanlage in Hinsicht auf die Fabrication ganz wesentlich erhöht wird.

Gerade das vorhin in Ziffern dargelegte, der Praxis entnommene Versuchsergebniss beweist dies. Die betreffende Unternehmung benötigte früher sämmtliche 4 Kessel zum Betriebe der Dampfmaschinen; nach Einführung der Ueberhitzung genügten 3 Kessel für die gleiche Maschinenleistung und der Dampf des 4. Kessels stand für anderweitige Zwecke frei zur Verfügung; durch die Ueberhitzung war also eine 25procentige Betriebsvergrösserung möglich geworden, ohne dass für das Dampfhaus irgend welche räumliche Vergrösserung benötigt worden wäre.

Diese Beobachtung konnte bisher überall gemacht werden, so dass man ohne Gefahr einer Uebertreibung aussprechen kann, dass durch die Anlage entsprechender und genügend grosser Dampfüberhitzer rund im Maximum bis $^1/_4$ der Kesselheizflächen gewonnen, resp. zu anderem Bedarfe frei gegeben werden können. Aber auch hier wird der bei jeder einzelnen Anlage erreichbare Vorteil wieder von vielen und verschiedenen Verhältnissen abhängen, und es dürfen die hier angegebenen Zahlenwerte niemals als überall unbedingt zu erwartende, angenommen werden.

VII. Der Einfluss der Ueberhitzung auf den Zustand des Dampfes in den Rohrleitungen.

Die Vorteile, welche erzielt werden, wenn nunmehr statt gesättigten oder nassen Dampfes, überhitzter Dampf die Rohrleitungen durchströmt, sind aus Vorerwähntem klar.

Nachdem der Dampf durch die Ueberhitzung eine Wärmereserve erhält, ist es möglich, ihm seine, der jeweiligen Spannung entsprechende Temperatur zu erhalten; schlimmsten Falls wird er durch den Einfluss äusserer Abkühlung diese Reserve verlieren, aber auch dann noch mit gleicher Spannung mindestens gesättigt oder gut trocken zur Verwendung gelangen.

Durch welche Hilfsmittel die äussere Abkühlung vermindert werden kann, wird später erläutert werden.

Während aber früher in Rücksicht auf die Temperaturverluste des nassen Dampfes stets die Bemessung der Rohrdurchmesser sehr sorgfältig erwogen werden musste, entfällt jetzt fast jedes solche Bedenken, mindestens aber wird dessen Einfluss sehr vermindert.

Mit der Grösse des Rohrdurchmessers steigert sich nämlich der

Condensverlust und deshalb erschien es vorteilhafter, kleinere Durchgangsweiten zu wählen und die dadurch eintretenden Spannungsverluste (Druckverluste) mit in den Kauf zu nehmen; es stellte sich heraus, dass diese Ausführungsart die „wirtschaftlichere“ sei.

Bei Anwendung „überhitzten“ Dampfes können wir jetzt, mindestens bei einem grossen Teile der Rohrleitungen, auf diese „Wirtschaftlichkeit“ verzichten, weil bei genügenden Ueberhitzungstemperaturen der Dampf so viel Wärmereserve enthält, dass er weite Strecken geführt werden kann, bevor er in Folge Wärmeabgabe in den gesättigten Zustand übergeführt wird.

Es wird in einem später folgenden Teile dieser Darlegung genauer darauf eingegangen werden.

Unsere bisherigen Erfahrungen ergeben, dass bei mittelguter Isolirung der Rohrleitung der überhitzte Dampf pro Meter Leitungslänge 1° Temperaturverminderung erleiden kann; Dampf, der auf 100 Meter weit zu führen wäre, sollte demnach um 100° überhitzt werden müssen, damit er auf diese Leitungslänge noch keinerlei Condensationsverluste erfahre. Die Erreichung einer solchen Ueberhitzungstemperatur ist absolut keine Schwierigkeit — sie wird im Gegenteil durchschnittlich für wünschenswert betrachtet.

Im Zustande hoher Temperatur verlässt der Dampf das Austrittsventil des Ueberhitzers, durchströmt die Leitungen, ohne Condenswasserbildung und tritt mit einem je nach den vorliegenden Verhältnissen grösseren oder geringeren Temperaturverluste in die Dampfcylinder und Apparate ein.

Während der gesättigte beziehungsweise nasse Dampf unterwegs einer grossen Zahl von Condenstöpfen und Wasserabscheideapparaten begegnet, welche sogar teilweise Hemmungen und Veranlassungen zu intensiverer Abkühlung geben können, ist der Einbau dieser Apparate bei Verwendung überhitzten Dampfes wesentlich zu beschränken.

Sie sind nicht mehr von so grosser Wichtigkeit wie früher, weil man ihrer Tätigkeit teils gar nicht oder nur ganz wenig bedarf. (Beschränkung auf die Anwärme und Anlassperioden der Leitungen, Maschinen und Apparate.)

Die bisher berechtigten Klagen über die Schwierigkeit der Wahl von Condenstöpfen, über das häufige Versagen und die wiederholten Reparaturen derselben, über die oft eintretende Dampfvergeudung und die Complicationen der Leitung — sie werden zum grossen Teile aufhören, weil man durch die verringerte Zahl dieser Apparate weit

weniger Störungen ausgesetzt sein wird. Die Dampfleitungen werden vereinfacht und verbilligt; bei Anlage derselben ist man nicht mehr an die Wahl kleinerer Durchmesser gebunden, welche einen Druckverlust verursachen und wir ersehen, welche Vorteile uns entgehen, wenn wir nicht trachten, uns des einfachen Hilfsmittels der Ueberhitzung zu bedienen.

Diese Verbilligung der Anlage wird insbesondere durch die bei überhitztem Dampfe vorteilhaft anwendbaren grösseren Dampfgeschwindigkeiten wesentlich gefördert.

Während unsere Constructeure die Dimensionen der Leitungen noch vielfach unter Voraussetzung einer Dampfgeschwindigkeit von im Mittel 30 Meter pro Secunde berechneten und meist nur durch Concurrenzverhältnisse sich ausnahmsweise entschlossen, bis auf 45 Meter zu gehen, können wir heute den Anschauungen jener (Prof. Gutermuth-Darmstadt) nur beipflichten, welche auch diese Zahl als noch gut überschreitbar betrachten.

Wir sind der Ansicht, dass wir bei stark überhitztem, also weniger dichtem Dampfe, ohne Schwierigkeiten besorgen zu müssen, noch über 50 Meter Dampfgeschwindigkeit pro Secunde gehen dürfen, und glauben, dass diese Zahl keineswegs den oberen zulässigen Grenzwert darstellen wird. Die Erfahrung wird uns schon in nächsten Zeiten die nötige Belehrung geben. —

Die vorerwähnten Condensationsverluste in den Rohrleitungen sind so bedeutend, dass alle Maschinenfabriken bei Anbietung von Garantien, den Dampfverbrauch der Maschinen betreffend, ausdrücklich die Condensverluste in der Dampfzuleitung von der Zuzählung beim Dampfconsum ausschliessen; ebenso lehnen sie jede Verpflichtung, einen Maximalverlust verbindlich festzustellen, ab, auch wenn sie die Leitung selbst ausführen. In Anbetracht der in Folge des nassen jedoch dichteren Kesseldampfes nötigen engeren Rohrleitungen und der bei Dampf solchen Zustandes grösseren Abkühlungsfähigkeit sind bedeutende Druckverluste mitunter schon in geringer Entfernung von den Dampfkesseln bemerkbar.

Da diese Verluste auf die Leistung der Dampfmaschinen einen grossen Einfluss haben, indem sie dieselbe vermindern, rechnen die Dampfmaschinenbauer immer, dass die höchst erreichbare Eintrittsspannung in den Cylindern um mindestens $^1/_2$ Atmosphäre kleiner ist, bei längeren Rohrleitungen eventuell mehr, als die Kesselspannung selbst.

Der von manchen Ingenieuren so hoch gehaltene Einfluss der Drosselung des Dampfes, durch welche zwar die Eintrittsspannung

vermindert, hingegen die Feuchtigkeit (Nässe) des Dampfes zum grössten Teile behoben werde, wird meist überschätzt. — Abgesehen davon, dass eine jede Druckverminderung schon selbst ein grosser Verlust ist, ist bis heute noch kein derartiger Erfolg der Drosselung bewiesen worden, dass man sich derselben als unumgänglich notwendiges Mittel zur Erreichung grösserer Oekonomie allgemein bedient hätte; wol aber sehen bei Errichtung beziehungsweise Projectirung von Neuanlagen alle Maschinenfabriken darauf, dass die Kesselspannung wesentlich höher sei, als die Eintrittsspannung, für welche die Dampfmaschine construirt wird, um Druckverluste der Eintrittsspannung hierdurch auszugleichen.

Diese Condensations- und Druckverluste sind es, welche einen grossen Teil der Dampfverschwendung verursachen und die ausserordentlichen Resultate der Ueberhitzung sind vor allem durch Einschränkung resp. Behebung dieser Verluste erzielt worden.

Sie erstrecken sich nämlich nicht nur auf die Dampfleitung allein — nein, ihr Einfluss geht direct bis in die Wandungen der Dampfapparate und die der Cylinder unserer Maschinen.

VIII. Der Einfluss der Ueberhitzung auf die Zustandsänderungen und die Wirkungsweise des Dampfes in den Dampfmaschinen; deren Anwendung für motorische Zwecke.

Das Streben nach Verringerung des Dampfverbrauches unserer Dampfmaschinen war die Ursache der Erforschung der Wärmeverluste in denselben.

Und sobald „Hirn“ erkannt hatte, dass bei gewöhnlichen, ungemantelten Dampfmaschinen von dem bei der Admissions- (Eintritts-) periode in den Cylinder einströmenden Dampfe an 40% durch Condensation resp. Wärmeabgabe an die Cylinderwände und an die Kolbenfläche verloren gingen, war er bestrebt, durch Erhöhung der Temperatur des Dampfes diesen Verlust zu vermindern.

Eingangs erwähnte Ursachen liessen die consequente Anwendung der Dampfüberhitzung damals unmöglich werden, wesshalb „Hirn“ als teilweisen, jedoch noch zu wenig genügenden Ersatz die Anwendung des Dampfmantels empfahl, welche verursachte, dass die Cylinderwände weit geringerem Wechsel der Temperatur ausgesetzt

waren, als früher. Dadurch gelang es, die anfänglich 40% betragenden Verluste bis auf 25%, also nahe der Hälfte, zu vermindern.

Diese einfache Darstellung der Schlussergebnisse langjähriger theoretischer Forschungen und praktischer Versuche, welche einen Markstein in der Entwicklung unseres Dampfmaschinenbaues bezeichnen, sollte für sich alle Einwendungen widerlegen können, welche von Gegnern der Ueberhitzung noch vorzubringen versucht würden.

Wenn „Hirn's" Forschungen überhaupt einer Unterstützung bedürften, so könnten sie am besten durch die Ergebnisse moderner Untersuchungen eine Bestätigung erhalten.

Zu diesem Zwecke sei hier auf eine jüngst erschienene Arbeit des Ingenieurs „Fritz Krauss" „Caloriemetrie der Dampfmaschinen", veröffentlicht im Jahrgang 1896 u. 1897 der Zeitschrift der „Dampfkessel-Untersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft A. G. in Wien", verwiesen, in welcher klar und überzeugend die Zustandsveränderungen des Arbeitsdampfes im Cylinder dargelegt und der Einfluss des Dampfmantels, sowie der Ueberhitzung auf die Oekonomie unserer Dampfmaschinen erörtert wird.

„F. Krauss stellt zunächst fest, dass nicht in der Initialcondensation, d. i. der Erst-Condensation des Admissionsdampfes, die Ursache der Verluste zu suchen sei, sondern dass diese in der Nachverdampfung am Schlusse der Expansions- (Ausdehnungs-) periode des arbeitenden Dampfes zu finden wäre.

Durch jene Condensation werde ja Wärme frei und wenn es gelänge, das während der Einströmungsperiode entstehende Condensat sofort aus dem Cylinder zu entfernen, würde ein Wärmeverlust vermieden sein.

So aber werde die frei gewordene und in den Cylinderwandungen angesammelte Wärme am Schlusse der Ausdehnungs- und in der Auspuffperiode verwendet, um einen grossen Theil des Condensates wieder zu verdampfen; diese Wärme geht aber in den Auspuff beziehungsweise in den Condensator und bedingt den Verlust.

Die Verlegung der Condensation aus dem Cylinder in den Mantel und in geringerem Maasse die theilweise Wiedergewinnung der Wärme durch Rückführung der Mantelwässer in den Kessel sind die Ursachen des geringen Dampfverbrauches durch Anwendung der Mantelheizung."

Der bei jedem Hubwechsel in den Cylinder neu eintretende Kesseldampf findet die Wandungen desselben durch die Wärmeabgabe während der Ausströmungsperiode abgekühlt; die fehlende Wärme

wird nun diesem Admissionsdampfe entnommen; man hat sich dabei immer zu vergegenwärtigen, dass bei der durch Leitung übertragenen Wärme ein Hinüberfliessen solcher, von den an dieser Erscheinung reicheren Körpern in die damit weniger versehenen stattfindet.

Bei gesättigtem Dampfe wird aber Wärme erst dann frei, wenn ein Teil desselben condensirt.

Bei überhitztem Dampfe hingegen wird der zur Erwärmung der Cylinderwärme nötige Wärmeanteil aus der Wärmereserve der Ueberhitzung selbst entnommen.

Gesättigter Dampf verliert, constantes Volumen vorausgesetzt, durch die Condensation eines Teiles an Spannung und Temperatur, überhitzter Dampf behält jedoch sowol Spannung, als die dieser Spannung zukommende Temperatur, weil er vorerst nur die Ueberhitzungswärme verliert. — Wenn nun in die Cylinder der Dampfmaschinen Dampf von entsprechener Ueberhitzung eintritt, so wird dieser vor Beginn der Expansion entweder soweit Abkühlung erfahren, bis er den Zustand des gesättigten Dampfes erreicht, oder aber die Ueberhitzung ist so hoch getrieben, dass sogar der expandirte ausströmende Dampf noch überhitzt ist. — Der erste Fall betrifft die derzeit in Verbreitung befindliche Anwendung mässiger Ueberhitzung unter Beibehaltung der heute noch verwendeten und gebauten Einrichtungen an Dampfkesseln und Dampfmaschinen, der zweite hingegen betrifft die Erweiterung dieses Verfahrens, indem überhitzter Dampf einzig und allein durch seine Ueberhitzungswärme das Fluidum wird, welches die Umwandlung von Wärme in Arbeit zu besorgen hat.

Angewendet wird dieses letztere Princip bereits im Hock'schen Regenerator-System, in den Heissdampfmaschinen von Schmidt und bei ähnlichen modernen Wärmemotoren. Die Zustandsänderungen des Dampfes im Cylinder sind jetzt wesentlich vereinfacht.

Bei Eintritt gesättigten Dampfes im Cylinder könnten wir uns vorstellen, dass die Wände desselben erst ein Mantel von Condensat bekleidet, der den concentrischen Dampfkörper einhüllt; an der Berührungsgrenze dieser zwei Aggregatformen müsste deshalb notwendiger Weise eine Wechselwirkung eintreten; denn jeder Temperatursverlust des Dampfkörpers machte Wärme frei und diese käme dem Wassermantel zugute, weil sie dessen Temperatur erhöhte; es ist deshalb nicht undenkbar, dass das in der Ausströmungsperiode stattfindende Nachverdampfen schon in der Expansionsperiode parallele Erscheinungen besässe.

Bei überhitztem Dampfe, der am Schlusse der Einströmung nahezu in den Zustand des gesättigten Dampfes zurückversetzt wird, haben wir uns zu vergegenwärtigen, dass 3 concentrisch gelagerte Aggregatformen: „Wassercondensat, gesättigter und überhitzter Dampf“ vorhanden sind und dass die gegenseitigen Beziehungen und Zustandsänderungen, möglicherweise ähnlich wie vorhin dargestellt, durch Wärmegefälle untereinander hervorgerufen werden.

Allerdings dürfen wir uns nicht gestatten, diesen Anschauungen derzeit mehr Wert beizulegen als den einer leicht verständlichen beiläufigen Illustration von Vorgängen, welche sehr complicirter Natur sind.

Ueberhitzter Dampf, der auch in der Ausströmung noch nicht gesättigter Dampf ist, sondern noch einen Wärmeüberschuss enthält, ist im Dampfcylinder ein in der Aggregatform homogener (gleichartiger) Körper, dessen Wärmezustand von innen nach aussen ebenso wie bei gesättigtem Dampfe ein abnehmender ist; wir dürfen uns aber auch da nicht vorstellen, dass das Temperaturgefälle in Folge des Abfliessens von Wärme, an allen Punkten des Dampfkörpers ein gleiches sei; aber der allgemeine Zustand ist ein weit einfacherer.

Schon aus dieser Darlegung werden wir ersehen, dass durch die Ueberhitzung für sich, keine veränderte Arbeitsweise des Dampfes entstehen kann.

Wol aber ist nachgewiesen, dass je höher die Ueberhitzung getrieben wird, desto vorteilhafter dies die Oekonomie der Dampfmaschinen beeinflusst; selbst bei Austritt überhitzten Dampfes aus dem Cylinder ist ein höherer Grad von Oekonomie erreichbar, als wenn derselbe die Maschine in gesättigtem Zustande verlässt. — Und zwar deshalb, weil durch die in diesem Falle notwendig gewordene höhere Ueberhitzung des Dampfes in demselben ein grösserer Anteil jener Wärme hineingelegt wird, welche im Stande ist, wirkliche Arbeit zu verrichten.

Wenn durch die Ausdehnungskraft gespannten Dampfes der Kolben im Cylinder vorwärts geschoben wird, so ändert sich mit der Vergrösserung des Dampfvolumens die Spannung des Dampfes — sie nimmt ab.

Auch die Gesetze dieser Druckabnahme sind für überhitzten und gesättigten Dampf keineswegs so verschieden, dass man auf andere Arbeitsweise dieser Dämpfe schliessen dürfte.

Indessen jedoch gesättigter Dampf während seiner Expansion

Druck und Temperatur verliert und gleichzeitig condensirt, vermag genügend überhitzter Dampf ohne jeder Condensation von höchster Spannung auf niedrigste zu expandiren und dennoch am Schlusse geleisteter Arbeit noch höhere Temperatur zu besitzen, als seiner jeweiligen Endspannung eine solche zukommt; es werden daher auch die Cylinderwände hohe Temperaturen behalten.

Diese Erscheinung kommt insbesondere den „Verbundmaschinen“, d. s. Maschinen mit 2, 3 und mehr Dampfcylindern, bei welchen der Dampf stufenweise von einem Cylinder in den anderen eintritt — zu Hilfe. — Es ist klar, dass es vorteilhaft sein muss, wenn der Dampf, den ersten Cylinder verlassend, noch mit einer Wärmereserve versehen, also überhitzt, in den zweiten Cylinder einströmt; je später er in den Zustand des gesättigten Dampfes übertritt, desto vorteilhafter wird dies für die Oekonomie werden, denn gesättigter Dampf vermag nur durch Condensation Wärme abzugeben, muss also im Augenblicke seines Einströmens in den zweiten Cylinder zum Zweck der Erwärmung der Cylinderwände theilweise condensiren; ist der Dampf jedoch noch überhitzt, so wird die notwendige Wärme vorerst seiner Wärmereserve entnommen, seine Condensation wird daher verzögert.

Um aber Wasser in Dampf zu verwandeln, benötigt man, wie schon an anderer Stelle bemerkt, 7 bis 10 mal so viel Wärme, als um Dampf selbst auf die doppelte Höhe seiner gewöhnlichen dem jeweiligen Druck entsprechenden Temperatur zu überhitzen.

Es ist daher naheliegend, diesen Eintritt des gesättigten Zustandes möglichst hinauszuschieben, entweder durch anfänglich hohe Ueberhitzung des in den ersten Cylinder eintretenden Dampfes oder durch Zwischen-Ueberhitzung.

Die sicherlich ökonomische Höchst-Ueberhitzung des Eintrittsdampfes muss derzeit in Rücksicht auf das Material unserer Ueberhitzer und Maschinen, sowie auf die bis jetzt verwendeten Schmiermittel, bald ihre praktisch anwendbare Grenze erreichen.

Aus diesem Grunde werden wir der Zwischen-Ueberhitzung des Dampfes bei Verbundmaschinen unsere nächste Aufmerksamkeit zuwenden müssen und es hat Schwoerer in Colmar bereits begonnen, sich mit dieser Ergänzung eingehender zu beschäftigen, während J. Hock in Wien den bei seiner Regenerator-Maschine zwischen Hoch- und Niederdruck angebrachten Receiver in den Rauchcanal des zugehörigen Dampfkessels verlegt.

Die Anwendung der Ueberhitzung macht den Dampfmantel dann überflüssig, wenn die Ueberhitzung eine hohe ist und dies bedeutet

eine wesentliche Vereinfachung der Cylinderausführung und eine weitere Dampfersparniss.

Es muss hier erinnert werden, dass die Anwendung des Dampfmantels den Zweck hatte, die bei gesättigten Dämpfen nicht vermeidbare Condensation aus dem Cylinder in den Mantel zu verlegen. Bei hoch überhitztem Dampfe bedürfen wir aber der Condensation gar nicht, weil keine Wärme durch Nachverdampfen gebunden wird, nachdem im Cylinder ohnehin keinerlei Condensat vorhanden ist.

Ausserdem kann überhitzter Dampf nur wenig Wärme abgeben, weil ja auch zu seiner Bildung wenig von dieser verwendet wurde.

Erst „gesättigter" Dampf ist befähigt, im Augenblicke seiner Condensation wirklich viel Wärme in den Cylinderwandungen anzusammeln, welche im Bedarfsfalle diesen entnommen werden könnte; der durch hoch überhitzten Dampf geheizte Dampfmantel kommt demnach nicht in die Lage, wirklich Wärme an die Wandungen des Cylinders abzugeben.

1. weil solche nicht benötigt wird,

2. weil sie erst dann in grösserer Menge frei würde, wenn der Dampf im Mantel condensirt, was bei hoch überhitztem Dampfe aber nicht möglich ist.

Wol aber kann bei mässig überhitztem Dampfe, welcher durch weitgehende Expansion und grösseren Temperaturverlust bald in den gesättigten Zustand übergeht, die Anwendung des Dampfmantels grosse Vorteile bringen.

Wiederholte Versuche haben das über die Anwendbarkeit des Dampfmantels Gesagte vollauf bestätigt.

Einen fördernden Einfluss wird die Anwendung überhitzten Dampfes auch auf die Luftleere des Condensators ausüben.

Es ist bekannt, dass die Dampfdiagramme, welche die wechselnde Grösse der Dampfdrücke im Cylinder vermittelst der Indicator-Instrumente zeichnerisch angeben, fast immer ein geringeres mittleres Vaccuum ersehen lassen, als erwartet wurde.

Bei steigenden Füllungen und nassem Dampfe ist nun auch noch eine wesentlich grössere Menge von Condenswasser und Ausströmungsdampf aus dem Cylinder zu entfernen, daher weit mehr Wärme zu vernichten sein wird, als vorgesehen war. Ueberhitzter Dampf besitzt für gleiches Volumen weniger Gewicht, bringt keinerlei Feuchtigkeit in den Cylinder, verringert die Menge Condensat — ergibt also in Summe pro Hub, weniger vom Condensator zu vernichtende Wärmemenge, als nasser Dampf. — Aus diesem

Grunde allein, ist es gut denkbar, dass die Wirkung des Condensators eine vollkommenere sein wird, weil einer gleich grossen Menge zuströmenden Einspritz- oder Kühlwassers eine bedeutend geringere Wärmemenge bei Anwendung überhitzten Dampfes gegenüber gesättigtem Dampfe entgegensteht. Das Wärmegefälle ist in ersterem Falle zwar ein grösseres — das aus dem Cylinder zu fördernde Quantum an Dampf und Wasser hingegen ein viel geringeres als vorhin. Bemerkt sei hier, dass die Volumsvergrösserung des Dampfes durch die Ueberhitzung im allgemeinen im Verhältniss der Temperaturvermehrung und zwar entsprechend der Steigerung der absoluten Temperaturen, eintritt.

Unter letzteren versteht man die jeweiligen in Celsiusgraden abgelesenen Dampftemperaturen, vermehrt um 273 Grade, wobei wir den Temperaturwert von — 273° als den absoluten Nullpunkt bezeichnen, bei welchem die Zusammenziehbarkeit der Gase ihre äusserste Grenze erreicht, deren Volumen daher dann auf 0 zusammengeschrumpft ist.

Dampf von z. B. 8 *kg* Ueberdruck besitzt eine abgelesene Temperatur von 174° Celsius, eine absolute von 174 + 273 d. i. 447°.

Solcher Dampf auf 300° Celsius überhitzt, erreicht daher eine absolute Temperatur 300 + 273 d. i. 574°. — Sein Volumen steigert sich im Verhältniss von 574 : 447 also um fast 30 %.

Ein Kilogramm solchen Dampfes bedarf im gesättigten Zustande eines Raumes von ca. 218 Cubikdecimeter, und in überhitztem Zustande bei 300° Celsius ca. 280 Cubdmtr. 218 Cubdmtr. nassen Dampfes enthalten jedoch einen beträchtlichen Teil ihres Raumes erfüllt von mikroskopischen feinst verteilten Wasserkügelchen, während erst der übrige Teil als von gesättigtem Dampfe erfüllt betrachtet werden kann.

Solcher nasser Dampf in geschlossenen Räumen überhitzt, wird in Folge Nachverdampfens auch Drucksteigerungen hervorrufen können.

Während 1 m^3 gesättigten Dampfes von 8 Atmosph. Ueberdruck ein Gewicht von 4·58 *kg* besitzt, erreicht solcher Dampf von 300° Celsius nur ein Gewicht von ungefähr 3·58 *kg*. — Aus diesen Darlegungen wird nun auch klar, warum Dampfdiagramme an Maschinen abgenommen, welche nunmehr mit überhitztem Dampfe arbeiten, in Bezug auf die Grösse der Füllungen häufig keinen Unterschied gegenüber den Diagrammen, die bei nassem Dampfe aufgenommen worden sind, erkennen lassen; das vergrösserte Volumen des über-

hitzten Dampfes erfordert die fast gleiche Einströmungsdauer bei den Steuerungsorganen, wenn auch die einströmende Dampfmenge wesentlich verringert ist. — Nur der Verlauf der Expansionscurve, welche weit tiefer als sonst unter die „Mariotte" sinkt, lässt aus den Diagrammen die vollkommen veränderte Dampfqualität erkennen.

Summiren wir die hier ausführlicher erläuterten Einflüsse des überhitzten Dampfes auf die Zustandveränderungen desselben im Cylinder der Dampfmaschine, so können wir folgende Schlüsse ziehen.

1. Durch die Ueberhitzung wird dem Cylinder der Dampfmaschine absolut trockener Dampf zugeführt, welcher frei von Leitungscondensat und Feuchtigkeit ist.

2. Er tritt mit geringerem oder auch ohne jeden Spannungsverlust (bei genügend weiten Leitungen) in den Cylinder ein.

3. Bei mässiger Ueberhitzung begründet sich der Vorteil der Anwendung durch die in Folge Wegfalles jedes Leitungscondensates und Beschränkung der Initialcondensation, ferner durch die in Folge der Eigenschaft überhitzter Dämpfe, dass gleiche Räume zu ihrer Füllung eines geringeren Gewichtes solchen Dampfes als gesättigten Dampfes bedürfen, für gleiche Leistung benötigten geringeren Dampfquantitäten.

Letztere Eigenschaft ist, in Rücksicht auf die mit Frischdampf zu füllenden schädlichen Räume, von besonderer Wichtigkeit.

Es werden weiters durch günstigere Anwendbarkeit des Dampfmantels, durch die bessere Wirkung der Condensatorvorrichtungen, (Einspritz- und Oberflächcondensatoren, Gradir- und Kühlwerke) nunmehr geringere Dampfmengen für gleiche Leistung der Maschine in Anwendung kommen.

4. Bei hoch überhitzten Dämpfen vermehrt sich die günstige Wirkung ausserdem durch die erhöhte Anteilnahme des Dampfes an der Umsetzung von Wärme in Arbeit im Dampfcylinder und durch den Wegfall der Mantelheizung.

Mit steigender Ueberhitzung erhöht sich daher die Arbeitsleistung des Dampfes, gleichzeitig verringert sich aber auch der Dampfverbrauch ganz wesentlich.

5. Die Hauptvorteile liegen aber nicht vielleicht in einer veränderten Wirkungsweise des Dampfes, sondern in dem Effect des Ueberhitzers; die Ursachen derselben sind daher hauptsächlich vor der Maschine zu suchen und liegen nur zu geringerem Teile in derselben; wol aber erhöht sich bei den mit vergastem Dampfe arbeitenden Maschinen der Wirkungsgrad der ganzen Anlage.

6. Daraus ergibt sich, dass die Erreichung dieser Vorteile im

Princip unabhängig ist von der Grösse und der Construction der Maschine. Sowol bei grössten, als bei kleinsten Typen, seien dieselben Ventil- oder Schiebermaschinen, ist überhitzter Dampf anwendbar und bei jedem Systeme, ob es nun Auspuff- oder Condensationsmaschinen, Eincylinder- oder Verbundmaschinen sind, werden der Natur der Sache nach beste Resultate erreicht werden. Nur werden, je mehr der Dampf in Folge höchster Ueberhitzung sich dem Zustande „der Gase" nähert, die Constructionen dieser Maschinen durchgreifende Aenderungen erfahren müssen, welche deren allgemeine Bezeichnung als „Wärmemaschinen" oder Wärmemotoren gerechtfertigter erscheinen lassen werden, als diese Bezeichnung bis jetzt der „Dampfmaschine" mit Nass- oder Satt-Dampf zukam.

Wir haben aus den grossartigen Erfolgen der Schmidt'schen Heissdampfmaschine gesehen, dass schon bei Maschinen von 4 bis 5 effectiven Pferde-Leistungen, welche mit Dampf von 350° C. arbeiten, die ausgezeichnetsten Ergebnisse im Vergleich zum Dampfverbrauch der gewöhnlichen Nassdampf-Maschine ausgewiesen worden sind. So stellt sich bei Auspuffmaschinen ein Verbrauchsverhältniss von 1 : 2 heraus; die Auspuff-Heissdampfmaschine verbraucht gegenüber einer Nassdampfcondensmaschine noch um 30% weniger Dampf bezw. Kohle; die Heissdampf-Compoundcondensationsmaschine benötigt bis zu 40% weniger Dampf gegenüber einer Nassdampfmaschine gleichen Systems; u. s. w. (Prof. Schröter's u. A. Versuche).

Und wenn wir auch diese Ergebnisse aus Grund der noch zu geringen — wenig lang dauernden Anwendungen dieses Systems und damit verwandter Einrichtungen nicht vollgiltig nehmen dürfen, so verweisen wir auf die Resultate, welche bereits durch Anwendung mässig überhitzten Dampfes (unter 300° C.) aus zahlreichen und unwiderlegbaren Versuchen allgemein bekannt geworden sind, und beziehen uns auf die bereits langjährigen, anstandslosen Betriebsführungen mit alten und neuen Maschinen verschiedenster Construction und Leistung.

Stets aber werden die wirklichen Ergebnisse von den verschiedenen Verhältnissen jeder einzelnen Anlage abhängig werden, und sei vor jenen gewarnt, welche, ohne die Anlage zu kennen, bereits von vorne herein die Höhe des erreichbaren Vorteiles durch bestechende Ziffern festsetzen.

IX. Die Anwendung des überhitzten Dampfes zu Heiz-, Koch- und Trockenzwecken.

Man hat schon in den Zeiten erster Versuche, die Anwendbarkeit des überhitzten Dampfes für Heizzwecke (Kochen, Trocknen und Beheizen) erkannt und untersucht.

So erfahren wir durch G. Thareau, Mitglied der Gesellschaft französischer Ingenieure, dass der Hirn'sche Ueberhitzer (glatte Gusseisenrohre in die Feuerzüge der Kessel verlegt) von Thomas und Laurens für chemische Zwecke, allerdings mit geringen Erfolgen verwendet wurde.

Das von diesen versuchte Regeneriren von Knochenkohle mit überhitztem Dampfe blieb ohne Erfolg, weil die noch unvorteilhaften Ueberhitzerconstructionen die Anlagekosten enorm verteuerten.

In späterer Zeit sind wol da und dort wiederholte Versuche gemacht worden, welche alle die vorzügliche Verwendbarkeit dieses Dampfes bestätigen; dennoch scheinen so viele Hindernisse der praktischen Anwendung entgegengewesen zu sein, dass mit geringen Ausnahmen dauernde Erfolge damals nicht auszuweisen waren.

Und doch ist es bekannt, dass überhitzter Dampf sich einzelnen Körpern gegenüber chemisch indifferent verhält, demnach beim Eindampfen, Trocknen, Destilliren von flüssigen und bei ähnlichen Operationen von festen Körpern mit grossem Vorteile verwendbar wird; dass das Fixiren der Farben in Baum- und Schafwollgarnen oder Stücken bei höherer Temperatur des Bades energischer eintritt, die Farben selbst feuriger, lebhafter werden (Alizarin), schon desshalb, weil die Farbflüssigkeiten nicht mehr durch das im nassen Dampfe enthaltene Wasser verdünnt werden; dass ferner in den gewerblichen Industrien u. z. bei der Erzeugung von Seife, Stearin, bei Bildung von Glycerinverbindungen, ferner überall, wo sehr hohe Siedepunkte und fast gleichzeitige Trennungen verschiedener chemischer Körper vorkommen, weiters in der Brauereiindustrie, dann ebenso dort, wo directe Pfannen und Kesselfeuerungen schwer controlir- und regulirbare Temperaturen ergeben, Dampfheizungen und zwar solche mit überhitztem Dampfe, directen Feuerungen weit vorzuziehen sind. — Man wusste auch, dass dieser überhitzter Luft für Trockenzwecke deshalb überlegen ist, weil seine Wärmeaufnahmsfähigkeit fast doppelt so gross ist, als die der Luft selbst. Die auszutrocknenden Substanzen können allseitig von überhitztem Dampfe eingehüllt sein, sind also dem oxydirenden Einflusse

des Sauerstoffes der Luft vollständig entzogen; die Temperatur kann auf Bruchteile von Graden geregelt werden und die hohe Ausströmmungsgeschwindigkeit des Dampfes befördert die Raschheit des Abzuges entzogener Feuchtigkeit. — Die Erzeugung von Stärkegummi, das Rösten des Kaffees, das Schmelzen von Copal, die Herstellung verschiedener Alkohole, die Erdölraffinirung und die Spiritusdestillationen etc. sind wesentlich in ihren Erfolgen von der Anwendung des Dampfes hoher Temperatur abhängig.

Aber trotz alledem hatte die allgemeine Verwendung überhitzten Dampfes nicht besondere Verbreitung gefunden, weil man vor allem den grössten Vorteil in der Dampfmaschinenindustrie allein suchte und erwartete. — Die bisherigen Erfolge waren auch nur durch in dieser Zweigabteilung der Technik vorgenommenen Versuche bestätigt worden und selten wurden solche in Anlagen ausgeführt und veröffentlicht, welche die Benützbarkeit zu anderen Zwecken erwiesen oder die Unverwendbarkeit dafür bestätigt hätten.

Da sich aber sicher keine so gleich grossen Ergebnisse erwarten liessen, wurde an eine genauere Untersuchung anfänglich auch nicht gedacht.

Aber der Industrielle konnte sich doch der Einsicht nicht entschlagen, dass es ja für ihn ebenso wertvoll sein musste, wenn er auch in den Dampfleitungen, die zu seinen Heiz-, Koch-, Färbe- und Trockenapparaten führten, wenig oder kein Condenswasser erhalte. — Wie umständlich und zeitraubend war es doch, die Leitungen schon lang früher anwärmen zu müssen und hiebei viel warmes Condenswasser zu verlieren; jeder Anschluss an die Leitung bedurfte bereits eines Einbaues von Condenstöpfen, die verschiedenen Trockenapparate functionirten mitunter gar mangelhaft, weil das vom Dampfe reichlich mitgeführte Wasser die Wärmeabgabe verzögerte und die Temperatur schwer ansteigen lies.

Das Kochen geschah deshalb auch mit grösseren Zeitversäumnissen, oft konnten mehrere Apparate gleichzeitig nicht von derselben Dampfleitung bedient werden — die Kessel kamen nicht nach, die Fabrication musste nach der Möglichkeit Dampf zu bekommen, verändert werden; kurz eine grosse Anzahl von Uebelständen haben den Industriellen den Weg gewiesen, diesen zu entgehen.

So entschloss man sich da und dort auch für angegebenen Zweck mit überhitztem Dampfe zu arbeiten.

Misserfolge blieben auch da nicht aus und waren für viele nicht ermutigend; die Zögernden wurden abgeschreckt, selbst Versuche durchzuführen.

Es hiess — mit überhitztem Dampfe lassen sich nicht nur keine Vorteile bei Verwendung desselben zu Fabricationszwecken erzielen — im Gegenteile — es verzögere der überhitzte Dampf die Abgabe von Wärme, verspäte das Kochen, Trocknen u. s. w. und es sei eher von Nachteil, solchen Dampf für bemerkte Manipulationen zu verwenden.

Da hatte man das Kind mit dem Bade ausgeschüttet!

Weil ein Fabrikant ein ungünstiges Ergebniss erhalten hatte und dieses zufällig veröffentlicht wurde, hatte man nichts Eiligeres zu thun, als die Unverwendbarkeit als unanfechtbare Tatsache festzustellen und die Benützbarkeit solchen Dampfes als ein ausschliessliches Vorrecht der Dampfmaschinen zu bezeichnen.

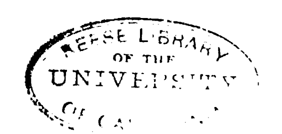
Das ungünstige Resultat wurde folgend begründet:

Dampf von 3 Atmosphären Ueberdruck, wie solcher viel zu Heiz-, Koch- und Trockenzwecken verwendet wird, besitzt eine Temperatur von 143° Celsius; er enthält in 1 *kg* eine Wärmemenge von 650 Calorien (Wärmeeinheiten); wird solcher Dampf bis auf auf 250° Celsius überhitzt, so enthält er eine Gesammtwärme von ca. 700 Calorien, also 50 Cal. mehr.

Nun ist aus vorhergehender Darstellung (bei der Behandlung der Anwendung des überhitzten Dampfes bei Dampfmaschinen) erinnerlich, dass der Hauptteil der Wärme erst durch die „Condensation“ des Dampfes frei wird.

Erst muss also der überhitzte Dampf von 250° Cels. bis auf 143° Cels. abgekühlt sein, damit er den Zustand des gesättigten Dampfes erreiche und darnach wird erst durch Condensation die grosse im Dampf enthaltene Wärmemenge frei. — Um diese Abkühlung zu erreichen, müssen die in der „Ueberhitze“ enthaltenen 50 Calorien durch Strahlung oder Leitung dem Dampfe abgenommen worden sein; da man aber weiss, dass diese Wärmeabgabe bei überhitztem Dampfe schwieriger sei, als bei gesättigtem, so wird demnach eine Verspätung des Heizens eintreten; erst wenn die Dampftemperatur auf 143° Cels. gesunken ist, werden mit beginnender Condensation des Dampfes sofort 550 Calorien frei; da das condensirte Wasser mit ca. 100° Cels. abgeht — können natürlich nicht alle 650 Calorien, sondern um die 100° entsprechenden 100 Calorien weniger, an die Wandungen der Heiz- und Trockenapparate abgeführt werden. Darauf erwidern wir:

„Wir wissen wol, dass der Wärmeleitungscoefficient überhitzten Dampfes sehr gering ist, also von solchem Dampfe 50 Calorien



vielleicht schwerer, als von gesättigtem Dampfe abgegeben werden, aber wir wissen auch, dass nur eine sehr gute Isolation der Rohrleitungen uns in den Stand setzt, von der Ueberhitze des Dampfes möglichst wenig zu verlieren.

Je weiter die Entfernungen sind, auf welche wir den Dampf zu leiten haben, desto grösser werden die Temperatursverluste sein.

Während wir für den Dampfmaschinenbetrieb bestrebt sein müssen, diese Verluste zu vermindern, werden wir für Verwendung überhitzten Dampfes zu Fabricationszwecken mitunter eine raschere Abkühlung oder geringere Ueberhitzung zu erreichen suchen.

Wir vermögen aber nicht zuzustimmen, dass es so schwer möglich sei, diese wenigen Calorien, welche in der Ueberhitze liegen, zu zerstören, weil ja auch die Apparate, in welchen der überhitzte Dampf seine totale Wärme abzugeben hat — in den allermeisten Fällen nicht in unmittelbarer Nähe der Ueberhitzer liegen werden.

Man hat ja bei Neuanlage von Ueberhitzern ohnehin die Aufgabe, den Ort der Aufstellung sorgsam, allen Verhältnissen Rechnung tragend zu erwägen, und wird fast überall eine leichte Lösung dieser anscheinenden Schwierigkeit finden.

Wir denken dabei nicht daran, die zu den gedachten Fabrikationszwecken bestimmten Apparate aus Materialien zu erstellen, welche aus Gründen der Wärmeableitung und Festigkeit bei überhitztem Dampfe vorteilhafter sind.

Ausdrücklich muss aber hervorgehoben werden, dass in der Färberei, in der chemischen Industrie und in verwandten Gewerben überhitzter Dampf überhaupt wünschenswert ist und manchmal durchaus notwendig wird. — Sehen wir jedoch vorerst von diesen Ausnahmen ab.

In manchen Fabriken wird es wol eintreffen, dass man das grösste Interesse der Oekonomie der Betriebsmaschinen zuwendet und deshalb hohe Ueberhitzungstemperaturen wünscht, anderseits möchte man aber auch die Heiz- und Trockenapparate mit mindestens möglichst trockenem Dampfe versehen können.

Diesen Apparaten auch nassen Dampf direct zuzuführen, ist man jederzeit im Stande, weil man bei Anlage von Ueberhitzern immer vorzusehen hat, dass von irgend einem Stutzen am Dampfdom oder am Kesselmantel, Kesseldampf direct entnommen werden kann. — Nun wendet man das Mischungsverfahren an, indem man in die zu den Apparaten gehende Rohrleitung, nassen und überhitzten Kesseldampf gleichzeitig einführt, den überhitzten Dampf also teilweise sättigt, wobei sich seine Temperatur vermindert.

Vermittelst der in den Leitungen eingeschalteten Dampfventile kann die Zuflussmenge derart regulirt werden, dass jede Temperatur leicht erreichbar wird.

Ein einmaliges Ausprobiren genügt, um die nothwendige grösste Oeffnung der Ventile bestimmen zu können.

Die geringe Complication der Leitung steht in keinem Verhältnisse zu den grossen Vorteilen, die bereits durch absolut trockenen Dampf erzielt werden.

An dieser Stelle muss noch ein weiteres Verfahren besprochen werden, welches die Schwierigkeit der Anwendung zu hoch überhitzten Dampfes zu vermindern geeignet sein kann.

Es ist jenes von Mc. Phail, durch welches eine absolute Trockenheit des Dampfes erreicht werden soll.

Bei demselben, welches wir der Einfachheit halber das „Abkühlungsverfahren" nennen wollen, wird der in einem Teil des Ueberhitzungs-Apparates überhitzte Kesseldampf wieder in Röhren durch den Wasserraum des Kessels, z. B. unterhalb der Flammrohre, geführt, sodann in den zweiten Teil des Ueberhitzers geleitet und von dort abermals in Röhren durch den Wasserraum, in der Höhe des Niederwasserspiegels, gebracht, worauf er den Kessel verlässt.

Dieses Verfahren, von dem allerdings genügende Erfahrungen noch nicht vorliegen, ist deshalb besonders bemerkenswert, weil der Erfinder desselben gerade von der Ausnützung der Ueberhitze vielen Vorteil erwartet und diese eben vom Kesselwasser aufgenommen würde.

Stehen für Maschinenbetrieb und Fabrication getrennte Kessel zur Verfügung, so hat man es von vorneherein in der Hand, die Dampftemperatur in den Ueberhitzern entweder schon beim Einbau durch Wahl geeigneter Ueberhitzergrössen, oder durch nachherige Regulirung des Feuereinflusses zu begrenzen.

Wird der Dampfmaschinenbetrieb in Folge Kleinheit der Betriebsmaschine erst in zweiter Linie zu berücksichtigen sein, so wird dessen geringere Oekonomie bei der Notwendigkeit, niedere Dampftemperaturen einzuführen, keine besondere Rolle mehr spielen können.

Nun ist aber auch noch ein weiteres Moment zu erwägen.

Die modernen Dampfbetriebsanlagen verlangen immer höhere Spannungen; deren Höhe übertrifft jene der für Koch-, Heiz- und Trockenzwecke praktisch bewährt befundenen bereits um ein Vielfaches.

Welcher Industrielle würde es wagen, die dünnwandigen Kupfertrommeln, die Cylinder und Walzen seiner verschiedenen Apparate mit Dampf von 10 und mehr Atmosphären Ueberdruck zu beheizen?

Von Anfang an wird man also für Heizzwecke niedere Spannungen anwenden müssen, welche zum Zwecke eines ökonomischen Dampfmaschinenbetriebes vollkommen ausgeschlossen sind.

Ausserdem werden überhaupt die mit den hohen Spannungen gleichzeitig auftretenden hohen Dampftemperaturen auch ohne weitere Ueberhitzung für manche Zwecke der Industrie unverwendbar sein; der Kesselbesitzer, der eine separate Kesselanlage mit niederem Dampfdrucke aus, verschiedenen Gründen nicht ausführen kann, muss deshalb in vielen Fällen bereits zu Druckreducirventilen greifen — um eben aus einem und demselben Kessel hochgespannten Dampf für die Maschine und niedergespannten für die Heizapparate zu erhalten.

Wenn auch diese Drosselung des Dampfes eine teilweise Trocknung desselben herbeiführen soll, so ist diese Anwendung doch nicht sehr vorteilhaft, weil der Kesselbesitzer einen mitunter sehr empfindlichen und auch dem Versagen ausgesetzten Apparat mehr anwenden muss, dessen Function auch von der richtigen Behandlung durch den Kesselwärter abhängt.

Wo thunlich, wird man, insbesondere bei grösseren und modernen Anlagen, die Dampferzeugung dem geforderten Drucke entsprechend einrichten und die Dampfkessel trennen.

Wir finden dieses Princip auch schon in der chemischen Industrie z. B. bei der Kerzen- und Seifenfabrication angewendet.

Es ist bekannt, dass im Anfange die Dampftemperaturen der Ueberhitzung viel zu hohe waren und grosse Misserfolge darin ihre Ursache hatten; man wendete dann unter anderem zur notwendigen Abkühlung des Dampfes allerdings eine radical wirkende Metode an, nämlich das Einspritzen von kaltem Wasser in die Dampfleitungen; es soll diesem Hilfsmittel ebensowenig, wie jenem einer absichtlich schlechten Isolirung, das Wort geredet werden, aber der praktische Ingenieur dürfte aus Mitgetheiltem schon Einiges verwerten können, wenn an ihn erforderlichen Falls die Aufgabe herantritt, hochüberhitzten Dampf vor der Verwendung desselben in verschiedenen Apparaten, in gesättigten oder schwach überhitzten Dampf umzuwandeln! Die aus der Verwendung überhitzten Dampfes für Koch-, Trocken- und Heizzwecke erreichten Vorteile sind so gross, dass schlimmsten Falles kleine Verzögerungen im Beginn der Wärmeabgabe nicht Ausschlag geben können, grossen Einfluss werden sie sicher nicht erreichen. Diese angegebenen Vorteile begründen sich wieder dadurch, dass aus dem Ueberhitzer, absolut wasserfreier, je nach dem Grade der Ueberhitzung trockener oder überhitzter Dampf in die Leitungen eintritt,

dass also die Condensation in denselben ganz verschwindet und demnach Dampf bester Eigenschaft ohne Wasserballast für erwähnte Zwecke verfügbar wird.

Zur Füllung eines geschlossenen Dampfapparates, einer Rohr-Heizschlange etc., bedarf man also entsprechend dem Grade der Ueberhitzung, einer bis zu ein Drittel geringeren Dampfmenge überhitzten Dampfes als nassen Dampfes.

Ausserdem ist aber die Wärmewirkung des ersteren in Folge vermiedener unnötiger Condensation, ferner deshalb, weil der Dampf selbst aus den Leitungen kein Wasser mitbringt, sondern seine volle Wärme an die trockenen Heizflächen abzugeben vermag, eine wesentlich raschere.

Praktische Versuche haben ergeben, dass bei geschlossenen Heizschlangen das Kochen um 30 Percent der früher aufgewendeten Zeit schneller eintritt, während bei offenen Heizungen d. i. bei directem Dampfeintritte und bei ca. 230° Dampftemperatur, die Flüssigkeiten in der halben Zeit zum wallenden Sieden gebracht werden.

Wird der Dampf nicht unnötig hoch überhitzt, so wird sich der eingewendete Nachteil der Verwendung, nämlich das verspätete Heizen, auch nicht fühlbar machen.

Hingegen wird ein rascheres, intensiveres Kochen der Farbflotten, eine schnellere Einwirkung in Hadern-, Holz- und Cellulosekochern, ein kräftigerer Einfluss bei allen Trockenzwecken, beim Färben und Appretiren, in den Papier-, Textil- und chemischen Industrieen etc. sich herausstellen; bei directer Einführung absolut trockenen Dampfes in die auf höhere eventuell Siedetemperaturen zu bringenden Flüssigkeiten wird eine Verdünnung derselben, welche bei nassem Dampfe in Folge Zuflusses des vielen Condenswassers und der Dampfnässe rasch eintritt, viel weniger zu besorgen sein; in gleicher Zeit kann öfter und mehr gekocht und getrocknet werden, ja viele Manipulationen müssen dann viel rascher durchgeführt werden; die Quantität der von denselben Apparaten gelieferten Waare vermehrt sich in gleicher Zeit ganz bedeutend, Arbeitskraft wird frei und zu anderen Verrichtungen verfügbar — kurz, mit dem Momente der Einführung geht ein frischer Zug durch die Fabrication; alles regt sich — was früher müssig stand, ist in voller Bewegung — die verstärkten Wärmeeffecte sind ein Hebel zur Vergrösserung der Leistung, ja sogar zu einer teilweise veränderten Fabricationsweise geworden.

Und diese Resultate bestehen nicht bloss in der Phantasie des Ingenieurs oder sind erträumt — nein, sie sind vorhanden, und eine grosse Anzahl von Industrieen wissen diese Ergebnisse bereits zu bestätigen.

Nur an der Art der Ausführung wird es liegen, damit gleiche Resultate auch andernorts erreichbar werden — aber man darf nicht die aus Mangel an eigener Erfahrung erhaltenen Misserfolge als einen Beweis betrachten, dass die geplanten Einführungen misslingen müssen.

Die Naturgesetze sind in ihrem logischen aber rücksichtslosem Walten erst dann bezwingbar und uns dienend, wenn der menschliche Verstand sie zu combiniren weiss.

Feindliche Principien — starre Gegensätze verbinden sich dann zu vereintem gedeihlichen Wirken!

X. Die Einführung der Ueberhitzung im Hinblick auf die im Deutschen Reiche, Oesterreich und der Schweiz bisher geltenden gesetzlichen Vorschriften.

Die Veränderungen untersuchend, welche durch Einführung der Ueberhitzung an Dampfbetriebsanlagen sich im Oeffentlichen und im Besonderen ergeben, haben wir zunächst die Beziehungen festzustellen, welche vom gesetzlichen Standpunkte aus erörtert werden müssen.

Klargestellt sei vorerst, dass der Ueberhitzer nicht notwendig ein Bestandteil des Dampfkessels selbst ist, sondern als eine ergänzende Einrichtung der ganzen Anlage zu betrachten sein wird, die stets durch Absperrventile, ohne jedweder Beeinflussung des Zustandes der Dampfkessel, von diesen getrennt werden kann.

Der Vorgang der Ueberhitzung und die dazu benötigten Apparate und Behelfe sind daher nicht denselben Verordnungen zu unterwerfen, welchen die Dampfkessel selbst in Bezug auf Anlage, Construction, Führung und Sicherheit des Betriebes untergeordnet sind.

Aber die Anschauungen der gesetzgebenden Factoren verschiedener Länder sind — obwol — vorerwähnte Darlegung im Princip gutgeheissen wird, dennoch stark differirend.

Die Reichsdeutsche Dampfkesselgesetzgebung, Erlass vom 5. August 1890, stellt im § 22 ausdrücklich fest, dass die vorstehenden Bestimmungen (d. s. die sich auf Bau, Ausrüstung, Prüfung, Aufstellung u. s. w. beziehenden) keine Anwendung finden:

2. „Auf Dampfüberhitzer oder Behälter, in welchen Dampf, der einem anderweitigen Dampfentwickler entnommen ist, durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird.“

Diese Apparate werden also nicht als Dampfkessel oder Teile solcher betrachtet, weil die Einwirkung eines separaten Feuers auf die nicht von Wasser, sondern nur von Dampf bespülten Flächen, als zulässig erklärt wird.

In diesem Sinne ist auch eine jüngste Entscheidung des preussischen Ministers für Handel und Gewerbe (v. 21. December 1896) gefallen, welche feststellt, dass die Anordnung von schmiedeisernen Röhren inmitten des Wasserröhrenbündels, welch erstere Dampf des Oberkessels betreffender Kesselconstruction enthalten, und an ihrem Umfange zum Zwecke der Ueberhitzung des Dampfes von Heizgasen unmittelbar bespült werden, keinen Anlass zu einer Beanstandung ergebe.

Dieser Erlass enthält ausserdem noch folgenden bedeutsamen Vermerk:

„Die eigenthümliche Anordnung der Rohre bietet umsoweniger Anstand, als sie aus Schmiedeisen, viele andere Ueberhitzer dagegen unbedenklich aus Gusseisen hergestellt werden.“

Das österreichische Dampfkesselgesetz enthält in der Verordnung vom 1. October 1875 in den Bestimmungen über Begriff des Wortes Dampfkessel, Wahl des Materials, Vorschriften über Armaturen u. s. w., folgenden Nachsatz:

„Auf Dampftrocknungs- und Ueberhitzungsapparate, sowie auf solche Kesselteile, bei welchen ein Erglühen der mit Dampf in Berührung stehenden Kesselwände nicht zu befürchten ist, finden diese letzteren Bestimmungen keine Anwendung.“

Auch hier ist festgestellt, dass Ueberhitzer und Dampfkessel als zwei vollkommen verschiedene Apparate der Dampftechnik zu betrachten sind.

Aber bereits im ersten Erlass des k. k. Handels-Ministeriums, welcher die Heissdampfkessel Patent Schmidt behandelt (v. 22. December 1894), ist eine Beschränkung der vorangeführten Befreiung von „Ueberhitzern“ enthalten.

Und zwar wird im Verlaufe des Erlasses bemerkt: „wobei der eigentliche Dampfkessel und der Ueberhitzer als ein organisches Ganzes in Betracht kommen“ — — —

Die Zulässigkeit dieser Heissdampfkessel wird überdies erst von Fall zu Fall bewilligt; eine generelle Zulassung wird jedoch abgelehnt.

Dasselbe Ergebniss folgt bei neuerlichen Eingaben durch Erlass vom 19. Juni und abermals vom 9. December 1895; aber in sämmtlichen Fällen ist die Bewilligung zur Aufstellung von mit Heissdampfkesseln verbundenen Ueberhitzern erfolgt.

Bei Constructionen, denen zufolge der Dampfraum des Kessels selbst als Trocken- oder Ueberhitzungsraum dient, schreiben die Behörden Deutschlands und Oesterreichs übereinstimmend die Bedingungen vor, unter welchen diese Einrichtung zulässig ist.

Und zwar wird dies gestattet, wenn die Temperatur der Feuergase so weit erniedrigt ist, dass ein Erglühen der betreffenden vom Dampf umspülten Kesselflächen ausgeschlossen erscheint. — Dies trifft zu, wenn die Heizgase eine vom Wasser bespülte Fläche des Kessels bestrichen haben, welche bei gewöhnlichem Essenzuge (Luftzuge) wenigstens zwanzigmal und bei künstlich gesteigertem Luftzuge mindestens vierzigmal so gross ist, als die Fläche des Feuerrostes.

Dies gilt also den auf Seite 3 und 15 erwähnten verticalen Feuerröhrenkesseln, ferner den Dampfkesseln des Hock'schen Regeneratorsystems und den Systemen, bei welchen durch einfache Schräglegung ein Teil der sonst wasserbespülten Heizflächen nur dampfumgeben wird.

Diese Bestimmung gab auch den „Oesterreichischen“ Behörden Anlass, die generelle Zulassung von Schmidt'schen Heissdampfkesseln, bei welchen das Verhältniss der Rostfläche zur wasserbenetzten Kesselheizfläche den Wert von 1 : 20 nicht erreichte (es wurden nur Werte von 1 : 11 bis 1 : 17 in den zur Bewilligung vorgelegten Constructionen nachgewiesen) — abzulehnen.

Bezüglich anderer Ueberhitzungssysteme sind bis nun keinerlei Bestimmungen und Verordnungen veröffentlicht worden und es muss auch ausgesprochen werden, dass eine freiheitliche Anschauung, wie jene, die aus der im Anfang dieser Erörterung veröffentlichten Kundgebung des preussischen Ministeriums für Handel und Gewerbe hervortritt, im Interesse der Hebung der Oekonomie und des Sparens mit den uns in ihrem Vorrat doch nicht sicher bewertbaren Kohlenschätzen der Erde wol unbedingt notwendig ist. — Deshalb sollen die Regierungen alle Bestrebungen unterstützen, welche genanntes Ziel zu erreichen suchen, und diese mindestens nicht durch zu weit gehende Sorgsamkeit hemmen.

Der Schweizerische Verein von Dampfkesselbesitzern hat in dem, dem Bunde vorgelegten Entwurfe eines für die ganze „Eidgenossenschaft“ giltigen Dampfkesselgesetzes, das auch die Dampfgefässe umfasst, — Ueberhitzungsapparate überhaupt nicht behandelt, und ist dort der Einbau von Ueberhitzern in gar keiner Weise von der Zustimmung der Behörden abhängig gemacht.

Wenn auch eine solche unbedingte Freigebung nicht gerade zu verteidigen ist, so sollen, um den Mitarbeitern an technischer Vervollkommnung ein statistisches Material zugänglich zu machen, die Einrichtungen von Überhitzungen wenigstens einer Anmeldepflicht unterworfen sein; keinesfalls sollen sie aber erst dem stets umständlichen Wege eines Concessionirungsverfahrens untergeordnet werden; ein solches sollte auch nur die allgemeinen Verhältnisse der Anlagen, nicht aber die Details der Ueberhitzung betreffen.

XI. Bisherige Constructions-Principien von Ueberhitzungs-Anlagen.

Die bisher in Verwendung stehenden Einrichtungen, welche zur Erzeugung überhitzten Dampfes bestimmt sind, können in 2 Hauptgruppen eingeteilt werden.

Und zwar sind dies:

1. Einrichtungen, welche die möglichst unmittelbare Erzeugung hoch überhitzten Dampfes aus kaltem Speisewasser bezwecken. **(Heissdampfanlagen, Wärmemotoren mit vergastem Dampfe.)**

2. Einrichtungen, welche eine Ergänzung unserer bestehenden gewöhnlichen Kesselanlagen sind und den aus diesen erhaltenen Dampf überhitzen. **(Dampfkesselüberhitzer.)**

Von den Constructionen, welche die erste Gruppe der radicalen Erzeugung überhitzten Dampfes vertreten, sind die derzeit in Deutschland, Oesterreich und der Schweiz bekanntesten, jene von Hock, W. Schmidt und dem französischen Ingenieur Serpollet.

Bei diesen Systemen wird die Dampferzeugung und Dampfüberhitzung teils im selben Apparate, teils in 2 unmittelbar aufeinanderfolgenden durchgeführt, jedoch die erstere so ausserordentlich forcirt, dass der Vergleich mit einer fast explosivartigen Dampferzeugung gerechtfertigt erscheint; die Dampferzeuger sind zu diesem Zwecke besonders construirt und für hohe Dampfspannungen bestimmt.

Nachdem diese Apparate den Zweck haben, den erzeugten nassen Dampf unmittelbar durch Höchst-Überhitzung in einen Zustand zu verwandeln, in welchem die Eigenschaften des Dampfes jenen der Gase näher gebracht werden, kann deren Product nicht mit Unrecht recht, als „Dampf-Gas“ bezeichnet werden, welche Benennung einheitlich auf alle diese und nachfolgenden Einrichtungen anwendbar ist.

Der Dampf, den sie erzeugen, wird meist ausschliesslich zu motorischen Zwecken verwendet und wie bei W. Schmidt und Serpollet eigenthümlich construirten Motoren zugeführt; es kann jedoch bei Auspuffmaschinen dieser Systeme der noch mitunter ziemlich überhitzte Auspuffdampf vorteilhaft weiter ausgenützt werden.

Im Princip stellt der Regenerator-Dampfkessel von Hock einen verticalen Feuerröhrenkessel dar, welchem bei Anwendung überhitzten Dampfes für Verbund- (Compound-) Maschinen noch ein zweiter kleinerer, dem Hauptkessel ähnlich construirter Apparat, der Regenerator beigeordnet ist, der die unmittelbar aus den oberen Enden der Feuerröhren austretenden Heizgase zur weiteren Ausnützung übernimmt.

Die Trocknung bezw. Ueberhitzung des Dampfes findet bereits ausreichend im Dampfraume des Hauptkessels statt und wird im kleineren Regenerator noch ergänzt.

Diese Ergänzung wird dann durchgeführt, wenn bei Verbundmaschinen (mit 2 oder mehreren Cylindern) der bereits Arbeit geleistet habende Dampf den Hochdruckcylinder verlässt, um in den zweiten Cylinder (Nieder- oder Mitteldruck) einzuströmen. — Er wird dann vorerst in den Regenerator geleitet, überhitzt und wird darnach erst im Zustande höherer oder minderer Ueberhitzung seine weitere Arbeit in den übrigen Dampfcylindern beenden. (Seite 32.) Eigentlich findet hier eine nochmalige Zufuhr von Wärme statt, welche aber den grossen Wert besitzt, dass von dieser zugeführten Wärme ein weit grösserer Teil nutzbar wird, als von jener, die bei der Dampfbildung hiefür ausgelegt werden muss. — Neuestens wendet Hock auch die primäre Ueberhitzung an, indem der den Hauptkessel bereits überhitzt verlassende Dampf vor seinem Eintritt in den ersten Dampfcylinder, weiter in einem Primär-Regenerator auf Temperaturen bis 280° Celsius gebracht wird. Bei diesem, wie beim folgenden Systeme hat man derzeit mehr als 12—14 Atmosph. Betriebsspannung noch nicht angewendet.

Bei den Schmidt'schen Heissdampfkesseln wird auf das System des eigentlichen Dampferzeugers weniger Bedacht genommen.

Als Dampferzeuger dienen sowol verticale Querröhrenkessel des bekannten Lachapelle-Systems, als auch einfache und combinirte Cylinder und gewöhnliche mit Gallowayröhren versehene Flammrohrkessel.

Das Hauptgewicht wird auf den Umstand gelegt, dass die Kessel forcirt werden und daher rasch ein Gemisch von Wasser und Dampf erzeugen, welches in einem vom Kessel getrennten Ueberhitzerapparate, zu überhitztem Dampfe veredelt wird.

Der Ueberhitzer ist in seinem ersten Teile, dem Vorüberhitzer, eigentlich eine Fortsetzung des Dampfkessels; dieser „Vorüberhitzer" besteht aus kreisförmig gebogenen übereinander liegenden engen Spiralröhren aus Schmiedeisen oder Stahl; er bewirkt ein vollständiges Nachverdampfen des aus dem Hauptkessel übergerissenen Wassers; der Dampf tritt aus diesem Vorüberhitzer, den er mit ausserordentlich hoher Geschwindigkeit durcheilt, in das erweiterte „Ueberströmungsgefäss", welches ein verticaler Cylinder von bedeutend grösserem Querschnitte als jener der Spiralrohre ist; in diesem wird das noch im ungleichartig und schwach überhitzten Dampf des Vorüberhitzers enthaltene Wasser abgelagert, was durch die verringerte Geschwindigkeit des Dampfes ermöglicht wird und durch die Ueberhitze des Dampfes wieder verdampft.

Dann erst wird der jetzt mit geringerer Temperatur versehene Dampf im Hauptüberhitzer auf die höchst erforderliche Ueberhitzung gebracht. Der Hauptüberhitzer besteht wieder aus einer Reihe concentrisch und übereinandergelagerter wagrechten Spiralröhren.

Der ganze aus dem Vorüberhitzer, dem Ueberströmgefäss (auch Nachverdampfer oder Wasserabscheider genannt) und dem Hauptüberhitzer bestehende Apparat ist praktisch und compendiös ausgeführt.

Er erhält die Heizgase des Kessels mit einer Temperatur von ungefähr 600 bis 700° Celsius. — Die erzielte Dampftemperatur überschreitet mitunter 380° Celsius und ist noch steigerbar.

Das caracteristische an diesem Systeme ist, dass die Ueberhitzungsfläche das Ausmass der Kesselheizfläche um das Doppelte bis Dreifache überragt, wodurch eben die hohen Dampftemperaturen erzielbar werden.

Der Serpollet'sche Dampferzeuger besteht im Princip aus einer Vereinigung von mehreren parallelen, wagrecht liegenden Schlangenröhren, deren eines Ende mit dem Druckrohr der Speisepumpe und deren zweites Ende mit dem Dampfsammelrohr verbunden ist. Dieser Apparat ist unmittelbar über dem Feuerroste gelagert;

die Röhren sind aus Stahl; der mittlere Teil der Schlangen ist verbreitert, sehr dickwandig und derart sichelförmig zusammengedrückt, dass nur ein ganz kleiner gleichfalls sichelartiger freier Querschnitt übrig bleibt, durch welchen der Dampf circulirt; die Feuerwirkung trifft vor allem diesen zusammengedrückten Teil der Rohre; derselbe wird dadurch auf eine sehr hohe Temperatur gebracht und verdampft sofort das von der Speisevorrichtung eingepresste Wasser; da dieser Dampf noch einen längeren Weg durch diese Rohre zu nehmen hat, wird er stark überhitzt; die durch jeden Hub der Speisepumpe eingeförderte Wassermenge tritt nach Verlauf weniger Minuten als hoch überhitzter Dampf (320° Celsius) von bedeutender Spannung (bis 94 Atmosph.) in den Motor ein.

Zweifelsohne wird es ausser den angeführten Systemen noch eine Reihe von andern Einrichtungen geben, welche der ersten Gruppe zuzuzählen sind; doch wird zur verständlichen Beschreibung der Constructionsprincipien dieser Gruppe, diese Vorführung wol derzeit genügen.

Erwähnt muss aber noch werden, dass der französische Physiker Testud de Beauregard schon vor mehreren Jahren Studien über die Erzeugung und Anwendung von hochüberhitztem Dampfe von 800° Celsius veröffentlichte, wir daher noch bedeutende Fortschritte in dieser Richtung erwarten dürfen.

Die zweite Gruppe umfasst wesentlich zahlreichere und vielgestaltigere Constructionen, in deren genaue Details auch keinesfalls eingegangen werden kann; die Patenterteilungen überstürzen sich und das fortwährend neuerliche Auftreten anderer Constructionen ist der sicherste Beweis eines steigenden Interesses.

Ingenieure aller Nationen bemühen sich durch möglichst beste Ausnützung der Wärme und durch vorteilhafteste Construction, welche auch die grösste Dauerhaftigkeit gewährleisten soll, mit ihren Systemen den Sieg zu erringen; aber jeder Sieg gibt dem Aufstrebenden nur wieder Veranlassung Besseres zu leisten und jede Errungenschaft ist nur ein kleiner Fortschritt im Vergleich zu den Zielen, welche die Thermodynamik dem Techniker zur Erreichung gestellt hat.

Die dieser Gruppe zugehörenden Apparate können nach 2 weiteren Systemen eingeteilt werden:

1. „In solche, welche als eine Ergänzung jedes einzelnen Kessels für sich zu betrachten sind; sie seien schlechtweg „Kessel oder Einzelüberhitzer“ genannt.

2. In solche, welche von den Kesseln der ganzen Dampfanlage unabhängig sind und als ein Zwischenapparat der Dampfleitung angesehen werden können.

Diese sollen als „Centralüberhitzer“ bezeichnet werden.“

Die Kesselüberhitzer werden stets in die Feuerzüge der Kessel und zwar entweder innerhalb oder ausserhalb des Kesselmauerwerkes eingebaut; die innerhalb befindlichen erhalten meist immer die Feuergase vom Ende des I. oder vom beginnenden II. Zuge; die Feuergastemperatur überschreitet demnach stets 500° Cels. Die ausserhalb des Hauptmauerwerkes liegenden erhalten entweder durch geeignete Zugführung die Feuergase des beginnenden II. Zuges, welche also doch noch sehr hohe Temperaturen haben, zugeleitet, oder sie befinden sich im Fuchscanal zwischen Kessel und Schornstein, dann aber Gase von nur niederer Temperatur (200—350°) aufnehmend.

Bei den ersteren werden natürlich die Feuergase, nachdem sie die Ueberhitzungsflächen bestrichen haben, wieder genötigt, ihren noch grossen Wärmegehalt den Dampfkesselflächen weiter mitzuteilen, indem sie durch die gewöhnlichen Feuerzüge der Kessel geleitet werden. Die Wärmeabgabe an die Ueberhitzerflächen und die Ermässigung der Gas-Temperatur ist, wie bereits mitgeteilt, nicht so bedeutend, als dass man die Weiterbeheizung der Kesselflächen unterlassen könnte.

Die Ueberhitzung ist auch hier eine ziemlich hohe, meist bis 300° Celsius. Jene Ueberhitzer, welche im Fuchscanal der Dampfkessel eingelegt werden, und die demnach nur nieder temperirte Essengase erhalten können, werden meistens nur geringe Ueberhitzungstemperaturen erzielen lassen, durchschnittlich höchstens 15—20° über die Temperatur des Kesseldampfes.

Ist aber ein Kessel stark forcirt, so erhöhen sich dessen Essengastemperaturen bedeutend; sie können 400 und mehr Grade erreichen; dann ist, falls nicht eine rationelle Aenderung der Anlage durchführbar wird, der Einbau solcher Ueberhitzer in den Fuchscanal sicher mit gutem Resultat verbunden, und es werden weit höhere Dampfgrade als sonst erreicht werden können.

Die bisherigen Ergebnisse lassen aber erkennen, dass der Einbau von Ueberhitzern dieser Gruppe dort am vorteilhaftesten wird, wo demselben Feuergase von ca. 5 bis 600° Celsius zugeführt werden können.

Diese Temperaturen bewirken auch, gutes Material der Ueberhitzer vorausgesetzt, noch keine sich rasch äussernden Zerstörungen der Ueberhitzungsapparate.

Bei Anlageprojecten hat man noch zu berücksichtigen, dass hinter den Kesseln stets genügender Platz bleiben soll, um den Einbau von Vorwärmern und Economisern zu ermöglichen, welche besser als Ueberhitzer, auch Essengasen von verhältnissmässig niederen Temperaturen noch bedeutende Wärmemengen zum Vorteile der Oekonomie zu entziehen vermögen.

In Bezug auf den Effect der Kesselanlage, wird in diesen Fällen die Anlage von Economisern jenen von in den letzten Zug einzubauenden Dampfüberhitzern weit vorzuziehen sein, weil eine nur geringe Ueberhitzung des Dampfes keinesfalls grössere Vorteile erwarten lässt, hingegen aber erstere Apparate ermöglichen den Schornsteinverlust ganz erheblich zu reduciren, daher den Wärmeeffect des Kessels verbessern werden.

Es ist bedeutend leichter, Essengasen von 200 bis 280° Cels., 60—100° Cels. zur Erwärmung von kaltem Speisewasser zu entziehen, als damit Dampf von z. B. 6 Atm., von 164° Cels. Eigenwärme, um 20 Grade zu überhitzen.

Die Kesselbesitzer dürfen sich überhaupt nicht der Ansicht hingeben, dass durch die Ueberhitzung für sich ein besonderer Einfluss auf die Ergebnisse der Kesselfeuerungsanlage erreicht werde; der Nutzeffect dieser ist vollständig unabhängig von der Einstellung eines Ueberhitzers, insoweit nicht durch dieselbe eine vorteilhafte Verminderung der Heizflächen und Rostbeanspruchung erzielt wird, wie dies bereits ausführlich dargelegt wurde.

Die „Centralüberhitzer“ erhalten stets eine eigene, von den Kesseln unabhängige Feuerung; ihre Aufstellung ist bestimmt durch die Lage der Hauptdampfleitungen und durch den verfügbaren Raum im Zug derselben.

In manchen Fällen ist es wünschenswert, den ganzen von den Kesseln gelieferten Rohdampf zu veredeln; in anderen empfiehlt es sich, nur einen Teil desselben der Wirkung des Ueberhitzers zu unterziehen; dann wird also nur eine Seitenabzweigung des Rohrleitungsnetzes dem Ueberhitzer zugeführt werden müssen.

Unter Umständen kann der Effect der „Centralüberhitzer“ jenem der „Kesselüberhitzer“ überlegen sein; immer hat man es aber mit einer separaten Feuerung zu thun, welche selbst einen grösseren oder kleineren Kohlenverbrauch ausweist, je nachdem die Bedienungsmannschaft mehr oder mindere Sorgsamkeit verwendet.

Jedes dieser beiden Systeme hat eine Reihe von Eigenschaften, welche im gegebenen Falle den Ausschlag in der Wahl geben werden.

Die wichtigsten derselben seien hier aufgeführt.

I. Kesselüberhitzer.

1. Die Anbringung derselben ist teilweise von den Kesselsystemen abhängig; sie lassen sich aber meist schon an kleineren Kesseln (von 15 bis 20 m^2 an) gut anbringen. Die Grösse ihrer Ueberhitzungsfläche ist von dem in den Feuerzügen oder nächt. diesen verfügbarem Raume abhängig.

2. Sie bedingen geringe bauliche Veränderungen im Kesselmauerwerk oder im Fuchscanal, welche aber Betriebsstillstände erfordern.

3. Sie bedürfen keiner besonderen Feuerbedienung.

4. Die äussere Reinigung der Ueberhitzungsflächen von Russ und Flugasche ist während des Betriebes in beschränktem Maasse möglich und meist von den Perioden der Kesselreinigung abhängig.

5. Die Zugänglichkeit ist dadurch, dass sie sich im oder in nächster Nähe des Kesselraumes resp. in den Feuerzügen befinden, häufig erschwert.

6. Sie lassen eine directe Regulirung der Dampftemperatur während des Betriebes meist nur beschränkt zu.

7. Sie werden bereits mit kleineren Ueberhitzungsflächen vorzügliche Ergebnisse bringen und eignen sich deshalb ebensogut für Betriebe mit einem einzigen, als mit mehreren Kesseln.

8. Deren Anschaffungs- und Unterhaltungskosten sind verhältnismässig niedere.

9. Störungen an denselben können wol den Betrieb des Kessels, mit dem sie verbunden sind, beeinflussen; deshalb muss bei Anlage solcher Ueberhitzer stets vorgesehen werden, dass diese rasch ausschaltbar sind und der Betrieb mit nassem Dampf in kürzester Zeit bis zur Wiederherstellung fortgeführt werden kann.

10. Der Einbau solcher Systeme gewährleistet bei grösseren Anlagen (mit mehr als einem Kessel) eine grosse Unabhängigkeit, da durch das Schadhaftwerden eines Apparates die Tätigkeit der anderen gar nicht beeinflusst wird.

11. Der Gesammteffect dieser Ueberhitzeranordnung ist jenem der „Centralüberhitzer“ nach bisherigen Erfahrungen überlegen.

II. Centralüberhitzer.

1. Diese sind an kein Kesselsystem und an keinen Aufstellungsort von vorne herein gebunden. Die Grösse ihrer Ueberhitzungsfläche ist nur abhängig von der Dampfmenge, welche auf eine bestimmte Temperatur in einer bestimmten Zeit gebracht werden soll.

2. Sie sind ganz selbständige Apparate, welche die Aufführung eines eigenen mehr oder weniger umfangreichen Baues erfordern; deren Einbau verursacht keinerlei Betriebsstörungen.

3. Sie bedürfen einer besonderen Feuerung und hängt von deren Güte und deren Bedienung ein wesentlicher Teil des Effectes ab.

4. Die äussere Reinigung der Ueberhitzungsflächen ist unabhängig von der Reinigung der Kessel; sie kann jederzeit rasch und bequem durchgeführt werden.

5. Die Zugänglichkeit ist deshalb und weil ferner die Ueberhitzer von mehreren Seiten frei aufgebaut werden können, eine sehr gute.

6. Die Ueberhitzungstemperaturen lassen sich vermittelst der separaten Feuerung gut reguliren; dies erfordert jedoch eine beständige Ueberwachung.

7. Sie sollen womöglich für grössere Dampfmengen, also mit grösseren Ueberhitzungsflächen angelegt werden; — aus diesem Grunde eignen sie sich besser für Anlagen mit mehreren und grösseren Dampfkesseln.

8. Deren Anschaffungskosten sind meist ein wenig höher, als die der „Kesselüberhitzer"; deren Unterhaltungskosten werden in Folge des Kohlenverbrauches und der Bedienung jedenfalls höhere.

9. Störungen an denselben berühren den Kesselbetrieb selbst gar nicht, wol aber ist durch die „Centralisirung" der Ueberhitzung, der Fabricationsbetrieb von solchen teilweise beeinflusst.

10. Deren Anlage ergibt eine bedeutende Vereinfachung gegenüber jener der „Kesselüberhitzer".

11. Sie können nahe der Verbrauchsstelle des Dampfes angeordnet werden; doch wird es immer von den jeweiligen Verhältnissen, insbesondere von der Verwendung des Dampfes und der Länge der Rohrleitungen abhängen, an welcher Stelle sie aufzustellen sind.

Zu Vorstehendem sei noch bemerkt, dass auch bei ganz kleinen Dampferzeugern die Einstellung von passenden Ueberhitzungsconstructionen in die Dampfleitung vorteilhaft werden kann. Oft lässt der Einbau einer einfachen Schlange oder Rohrspirale, im Feuerzug, vor oder hinter dem Schieber, schon gute Resultate eintreten. Anderseits könnten auch separate kleine Feuerungen, welche auch nur ein blosses Trocknen des Dampfes bewirken, günstige Ergebnisse erzielen lassen. Auch ist ein wiederholtes Ueberhitzen bei sehr langen Rohrleitungen, also eine Verbindung von Kesselüberhitzern mit Centralüberhitzern vielleicht da und dort anwendbar.

Diese Bemerkungen sollen aber nicht bezwecken, dass Industrielle die Erbauung und Einstellung von Ueberhitzern selbst durchführen sollen; im Gegenteil — seien sie vor solcher Selbständigkeit gewarnt, da ihnen jedwede Erfahrung fehlt und sie durch unberatenes Vorgehen nur ihre persönliche Sicherheit und jene ihrer Angestellten gefährden könnten.

Ersichtlich ist, dass in dem Maasse, als der Dampferzeuger kleiner oder forcirter wird, diese Gruppe von Ueberhitzern, welche für jeden Kessel einzeln eingebaut werden, sich jener des „Serpollet'schen" Systems nähert — d. i. der möglichst raschen, directen Erzeugung überhitzten Dampfes aus kaltem Speisewasser.

Die „Kesselüberhitzer" können in den meisten Fällen auch als „Centralüberhitzer" zur Ausführung kommen.

Im Folgenden sollen einige der bekannteren Systeme angeführt werden; bemerkt sei jedoch, dass ausser diesen noch sehr viele andere existiren, welche gewiss auch gute Resultate ergeben haben.

Es ist jedoch naheliegend, dass vorerst jene anzuführen sind, welche durch mehr oder weniger zahlreiche Ausführungen, teils Gelegenheit zur Erweiterung unserer Erfahrungen, teils den Nachweis ihrer Brauchbarkeit und ein sicheres Urteil über ihre Dauerhaftigkeit, gegeben haben.

Der Hirn'sche Dampfüberhitzer bestand aus glatten gusseisernen Schlangenröhren, welche kupferne Verbindungsstücke hatten; er erhielt die Feuergase des II. Zuges und ermöglichte durch Verstellung von Schiebern grosse Variationen der Dampftemperatur; mit diesem Ueberhitzer haben vorerst Hirn selbst und in den Jahren 1867 bis 1871 der hervorragende französische Gelehrte Leloutre wiederholt gearbeitet; die erreichten und untersuchten Dampftemperaturen bewegten sich von der Temperatur gesättigten Dampfes von 4·5 Atm., d. s. 155° Cels. bis ca. 250° Celsius.

Dieser Ueberhitzer hat vornehmlich ein historisches Interesse.

Die erste neue Ueberhitzungsconstruction, welche gute Resultate erzielen liess, war jene von L. Uhler & Courvoisier in Mühlhausen (Elsass). Dieser „Uhler" Ueberhitzer gehört in die Gruppe der „Centralüberhitzer"; sein Constructionsprincip ist folgendes:

„Der Dampf circulirt in concentrisch angeordneten verticalen Doppelrohren (Field'sche Anordnung) und zwar so, dass der nasse Dampf in das innere kürzere Rohr eintritt und dieses verlassend, das äussere am Boden geschlossene Rohr in entgegengesetzter Richtung durcheilt, gleichzeitig von den durch ein besonderes Feuer

stark erhitzten Rohrwänden die zur Trocknung und Ueberhitzung nötige Wärme aufnehmend.“ Französische Constructeure haben neuestens diese Circulation in umgekehrter Richtung für Ueberhitzer angewendet und mag diese Veränderung ihren Grund darin gefunden haben, dass die äusseren Rohre keine allzuhohen Temperaturen dauernd ohne starke Abnützung vertrugen, es also deshalb vorteilhafter erschien, diese als „Nachverdampfer“ functioniren zu lassen. Jedenfalls werden die äusseren Rohre mehr geschont, wenn sie den nassen Dampf zuerst zugeführt erhalten; ob aber der Effect der Ueberhitzung in diesem Falle sich gleich bleibt, ist mindestens zweifelhaft.

Das gleiche Constructionsprincip wie Uhler, hat das Ueberhitzer-System von „Dürr Gehre und Comp.“; dieses wird vornehmlich als Kesselüberhitzer zur Ausführung gebracht und hat sich bestens bewährt.

Hier wie dort ist die Dampf-Zu- und Abführung durch 2 übereinander befindliche getrennte Kammern, welche jedoch constructiv vereinigt sind, bewerkstelligt, die bei den ersten „Uhler“-Ueberhitzern von Gusseisen, bei den späteren Ausführungen jedoch ebenso wie jene von Dürr Gehre u. Comp., aus genieteten, starken Eisenblechen hergestellt wurden; letzteres System hat auch geschweisste Kammern.

Die äusseren Rohre selbst sind von Schmiedeisen, natlos, mit gut eingeschweissten oder aus dem Material der Rohrwandungen umgezogenen Böden und starken Wänden; die inneren Rohre sind gewöhnliche Gasrohre; die Rohrverschlüsse in den Kammern sind bei dem Dürr'schen Ueberhitzern sehr sorgfältig und aus Schmiedeisen (Innenverschluss) angefertigt; dieses System wird bei Wasserröhrenkesseln zwischen Oberkessel und Röhrenbündel eingelegt, so dass die Rohrenden der schwach geneigt liegenden Doppelrohre fast in den ersten Zug der Feuerung reichen.

Die Trennung der Dampf-Zu- und Abführung durch Kammern ist nach vielen anderen Systemen gemeinsam:

So dem System „Kausch“ und jenem von „Hering.“

Bei ersterem befinden sich mehrere constructiv fest verbundene Kammern nebeneinander und werden diese durch „U“förmig gebogene Röhren, deren Aussenflächen der Feuerwirkung der Heizgase des Kessels ausgesetzt werden, communicirend gemacht. Hier wird der Dampf aus einer Kammer immer in die nächstfolgende geleitet, wobei er in den „U“-Röhren, welche in die Feuerzüge reichen, steigende Ueberhitzung erfährt. — Bei diesem Systeme ist auch vor-

gesehen, dass entweder behufs Kühlung der von den Heizgasen am stärksten beanspruchten Ueberhitzerteile, oder behufs Temperaturerniedrigung des überhitzten Dampfes durch teilweise Sättigung, Wasser aus dem Kessel in den Ueberhitzer eingespritzt werden kann.

„Hering" (Nürnberg) trennt bei einem seiner Systeme die Kammern auch räumlich vollkommen und verbindet sie durch dickwandige schlangenförmig gebogene Perkinsrohre von geringer Lichtweite, welche von den Heizgasen des Kessels bestrichen werden.

Die Kammern bestehen aus 2 starkwandigen besonders construirten vertical stehenden gusseisernen Röhren, von welchen die eine die Verteilung des nassen Dampfes in den an dieselbe durch Flauschen angeschlossenen Perkinsröhren besorgt, während die andere den überhitzten Dampf sammelt und der Hauptdampfleitung zuführt.

Bei dieser Construction ist besonders Bedacht genommen, dass die Dampfquerschnitte sehr klein ausfallen, wodurch eine rasche und hohe Ueberhitzung und eine ausserordentliche Betriebssicherheit gewährleistet erscheint.

Derselbe Constructeur erbaut noch ein System, welches auch aus concentrischen Doppelrohren besteht; der Dampf circulirt jedoch nur im ringförmigen Raume zwischen den an den Enden zusammengeschweissten Doppelrohren, während der Hohlraum des Innenrohres und die Aussenfläche des Aussenrohres von den Feuergasen bestrichen werden.

Durch entsprechende Nebeneinanderreihung beziehungsweise Verbindung mehrerer solcher Doppelrohre, wird die erforderliche Ueberhitzungsfläche erhalten. Der Dampf circulirt in diesen Rohren derart, dass er ein Rohrelement nach dem andern durchzieht, wodurch eine steigende Ueberhitzung erreicht wird.

L. Rahmdohr (Gotha) ist bereits 1887 mit einer nach seiner Angabe vieljährig erprobten Ueberhitzungsconstruction hervorgetreten. Dort erfolgt die Circulation des Dampfes durch viereckige Kästen aus getemperten Gusseisen oder Stahl, welche die gleichseitigen Enden der geraden wagrechten Ueberhitzer-Rohre verbinden und durch Abteilungswände getrennt sind. — Derselbe Erfinder hatte auch ein Ueberhitzersystem in Vorschlag gebracht, bei welchem die einzelnen Elemente flache Kästen darstellten, deren Höhe und Breite ganz bedeutend, deren Tiefe aber gering waren, ähnlich den Wasserkammern unserer Röhrenkessel; da die Wände unversteift blieben, konnte dieses System nur für niedersten Dampfdruck in Betracht kommen; Resultate sind keine bekannt geworden.

Aehnliche Kammertrennungen finden sich noch bei anderen Constructionen:

So bei jener von Mc. Phail und Simson und den Ueberhitzern der Babrock und Willcox Ltd.; letztere bestehen aus einer Reihe paralell nebeneinander geordneter „U“förmig gebogener Stahlrohre geringer Lichtweite, welche mit ihren Enden in 2 wagrecht übereinander befindlichen paralellepipedischen (prismatischen) geschweissten Kästen eingewalzt sind, von welchen der obere den nassen Dampf, der untere den überhitzten Dampf aufnimmt. Auch dieser Ueberhitzer kann gleich jenen von Dürr, Gehre und Kausch nach Bedarf mit Wasser vom Kessel erfüllt werden. — Sein Einbau geschieht, wie bei ersterem Systeme, zwischen Oberkessel und Röhrenbündel. —

Bei diesem Systeme liegt ebenfalls das Bestreben vor, möglichst Dampfkörper von geringer Querschnittsweite zu erhalten, da das Wärmeleitungsvermögen des Wasserdampfes ein sehr geringes ist und bei zu grossen Querschnitten, wie bei jenen, welche die ersten Ueberhitzer von Hirn besassen, eine grössere Ueberhitzung erst dann erreicht werden kann, wenn sehr grosse Ueberhitzungsflächen zur Ausführung kommen.

Die bereits einmal erwähnten „Thomas & Laurens“ hatten daher in die Hirn'schen Rohre, Gusseisenkerne eingelegt und so den Dampfquerschnitt vermindert; aber sie benötigten trotzdem so viel Rohrfläche, um höhere Dampftemperaturen zu erhalten, dass die Ausführung solcher Ueberhitzer daran scheiterte. — In anderer Art hat „Schwoerer“ Colmar (Elsass) diese Schwierigkeit gelöst.

Dieses System hat von allen bisher gebauten die grösste Verbreitung gefunden; schon deshalb, weil es fast gleichzeitig mit dem „Uhler'schen“ Ueberhitzer auftrat, jedoch durch seine Verwendbarkeit als „Kesselüberhitzer“ den Vorteil guter Anpassung an fast allen Kesselsystemen besass und so dem erstgenannten Systeme den Rang ablief.

Der vorsichtige Industrielle entschloss sich zuerst doch lieber nur einen seiner Kessel mit einem Ueberhitzer zu versehen und das Resultat besonders zu prüfen, als einer durchgreifenden Umwandlung des ganzen Dampfes, den er benötigte, zuzustimmen, welche möglicherweise zu Beschädigungen seiner maschinellen Einrichtungen, zu fehlerhaften Fabricationsergebnissen und zu langdauernden Betriebsstörungen führen konnte.

Schwoerer versieht die glatten Gussrohre innen und aussen

mit Rippen, erhöht also die Masse der Ueberhitzungskörper, vergrössert die Ueberhitzungsfläche und zerteilt den Dampfkern.

Dieses System ist eine aus besonders construirten Rippenkörpern bestehende Rohrschlange, an deren einem Ende der nasse Dampf eintritt, ein Element nach dem andern passirt und hoch überhitzt das letzte Element verlässt. — Man sieht, dass der Serpollet'sche Dampferzeugsungapparat eine unverkennbare Aehnlichkeit mit diesem Ueberhitzer besitzt.

Der Grossteil unserer Erfahrungen basirt auf den vielen und genauen Versuchen, welche mit „Schwoerer"-Ueberhitzern zur Ausführung gebracht wurden. Das Schwoerer'sche System zählt zu den ersten, die in neuererZeit in praktische Verwendung kamen und die zahlreichen Ausführungen desselben haben die besten Resultate und die ausserordentliche Dauerhaftigkeit bestätigt.

Ungefähr gleichzeitig mit diesem Systeme erschien noch jenes von „Gehre", dessen Constructionsprincip dem Kesselbau entnommen ist. — Es stellt einen oder zwei parallel nebeneinander liegende cylindrische Langkessel vor, die von einer Anzahl Feuerröhren durchzogen sind. Der Gehre-Ueberhitzer wird in den Fuchscanal des Kessels, also zwischen diesem und dem Kamin eingebaut. — Trotzdem die Endtemperatur der Feuergase dort meist nur eine niedere ist, sind dennoch günstige Resultate mit diesem Systeme erreicht worden. — Seine Anwendung ist jedoch aus Gründen der beschränkten Ueberhitzungstemperatur und der minderen Zugänglichkeit bei Reparaturen und Reinigung eine geringe geblieben.

Anschliessend an diese bekannten Systeme, muss auf ein Constructionsprincip aufmerksam gemacht werden, dessen Originalität ein lebhaftes Interesse erwecken dürfte.

Von der Idee ausgehend und unterstützt durch die Erfahrung, dass die directe Befeuerung von Ueberhitzern häufig ein Schadhaftwerden oder mindestens einen grösseren Verschleiss der Rohrkörper verursache, haben Constructeure Systeme erdacht, welche die durch directe Befeuerung erhaltbaren hohen Ueberhitzungen durch andere Wärmeübertragung, als durch die unmittelbare Flammenberührung erzielen lassen.

Es werden nämlich die den nassen Dampf aufnehmenden Schlangenrohre in eine Masse eingebettet, welche durch directes Feuer auf eine beliebig hohe aber constante Temperatur gebracht werden kann; die gleichmässige und ohne zerstörende mechanische Wirkung der Flamme verursachte Wärmeaufnahme kann allerdings

den Bestand des Ueberhitzermateriales ganz wesentlich fördern, aber wir glauben, dass derzeit der Brennmaterialaufwand ein unvergleichlich höherer sein dürfte.

Hoffentlich findet sich ein Industrieller, welcher diesem Systeme ein Vertrauen entgegenbringt und Gelegenheit zur Ausführung von Versuchen ermöglicht.

Anschliessend an diese Systeme muss noch jener Einrichtungen Erwähnung getan werden, welche bestreben, die Constructionen der Kessel als Dampferzeuger mit jenen der Ueberhitzer oder Dampftrockner in Einem zu verbinden.

Wir erinnern hier an die bereits mehrmal erwähnten Feuerröhrenkessel, welche auch bei dem „Hock'schen" Regenerator-System in Anwendung kommen, und weisen auf eine neuere Construction von P. Zwiauer in Wien hin, bei welcher der horizontale Oberkessel eines Wasserröhrenkessels in zwei, in seinem Wasserraume durch ein grösseres Rohr verbundene cylindrische Kammern getrennt wird; den Dampfraum dieser 2 Kammern verbinden zahlreiche enge, gerade schmiedeiserne Rohre, welche von Heizgasen des Kessels bestrichen werden; der gesammte aus dem Wasserröhrenbündel aufsteigende Dampf wird durch die vordere Wasserkammer in die vordere cylindrische Abteilung des Oberkessels geleitet und so genötigt, die engen Verbindungsrohre zu durcheilen, nachdem die Dampfabnahme vom höchsten Punkte der rückwärtigen Abteilung des Oberkessels vor sich geht.

Zweifelsohne ist hier eine bedeutende Trocknung ja auch eine mässige Ueberhitzung sehr gut erreichbar. Jedenfalls sollte diese Construction, welche ebenso einfach als orginell ist und ein gutes Resultat versichert, grösste Verbreitung finden.

Als weitere Construction, welche die directe Verbindung von Dampferzeugern mit Ueberhitzern in unseren derzeit bekannten Kesselsystemen erstrebt, ist noch der „Hering'sche" Kessel zu nennen.

Daselbst wird der gewöhnliche Flammrohr-Feuerröhrenkessel, wie er gerne zu Heizanlagen verwendet wird, nach rückwärts geneigt montirt, derart, dass der vorderste Teil des Flammrohres noch genügend von Wasser bedeckt ist, hingegen die darüber befindlichen Feuerröhren, welche die aus dem Flammrohr rückwärts austretenden Feuergase aufnehmen, ungefähr zu $^2/_3$ ihrer Länge Dampferzeuger sind, aber im letzten vordersten Drittel als Ueberhitzerrohre fungiren.

Bekannt ist weiters die Anordnung von Dampfsammlern im letzten Feuerzug der Kessel, ferner das Führen der Gase des III. Zuges über und um den Dampfraum der Flammrohr, Feuerröhren und diverser combinirter Kesselsysteme.

Bei diesen Ausführungen kann aber von einer gleichartigen Ueberhitzung des Dampfes keine Rede sein, da auch die flüchtige Trocknung desselben nur an den Wänden des Dampfraumes und nur in geringe Tiefe eindringend, vor sich gehen wird. — Von allen diesen Einrichtungen hat das „Dupuis"-Kesselsystem, welches eine Combination eines oder mehrerer horizontaler Cylinder oder eines Flammrohrkessels mit einem angeschlossenen verticalen Feuerröhrenkessel (Dupuistopf) darstellt, noch das grösste Verbreitungsgebiet gefunden.

Allein auch bei dieser Anordnung können im besten Falle nur ganz geringe Ueberhitzungen erreicht werden, (kaum 5—10° Celsius über die Dampftemperatur), weil die Ueberhitzungsfläche viel zu klein ist, um höhere Dampftemperaturen zu erzwingen.

XII. Bedingungen und Ratschläge, welche bei Einführung beziehungsweise beim Einbau von Dampfüberhitzungs-Apparaten zu beachten sind.

Wenn die Einrichtung von Ueberhitzer-Anlagen geplant wird, hat der Industrielle folgende Punkte zu erwägen.

Handelt es sich um complete Neuanlagen, so wird er sich entscheiden müssen, ob es tunlich und zweckmässig ist, „den motorischen Teil" von dem „Fabricationsteil" ganz zu trennen.

Wird die Anwendung des „Heizdampf-Systems" ernstlich in Betracht genommen, so muss gleichzeitig der Mehraufwand an Anlagekosten und die eventulle Erhöhung der Auslagen der Bedienung in Folge Zweiteilung des Betriebes in Rechnung gezogen werden.

Die mögliche Ausnützung des Abdampfes von Auspuff-Heissdampfmaschinen kann allein eine Entscheidung nicht herbeiführen, denn es stehen derzeit noch zu wenig Erfahrungen über solche grössere Neuanlagen zur Verfügung; in einem besonderen Falle hat sich sogar mancher Uebelstand in dieser Ausnützung ergeben, weil die Heizröhren, welche den noch überhitzten Abdampf aufnahmen, sich innen mit Resten zähflüssigen Cylinderschmieröles, das wol allzureichlich zugeführt wurde, bedeckten und die Heizwirkung dadurch sehr beeinträchtigt worden ist.

Wird aber von dieser Weiterverwendung des Abdampfes mit Vorsicht Gebrauch gemacht oder die grösste Wichtigkeit auf den höchstökonomischen Betrieb der Dampfmotoren gelegt, so muss

dem Industriellen die Anwendung des Heissdampf-Systems und verwandter Constructionen empfohlen werden.

Die persönliche Neigung und das Vertrauen in jene Personen, oder Unternehmungen, welche sich mit Projectirung oder Herstellung solcher Anlagen befassen, wird in Zeiten, in denen noch nicht ein so bedeutendes Erfahrungsmaterial vorliegt, welches für sich den Industriellen in die Lage bringt, unbeeinflusst entscheiden zu können, mehr als in andern Angelegenheiten eine wichtige Rolle spielen.

Ueberdies steigert sich von Jahr zu Jahr die Anzahl von Heissdampfanlagen ausserordentlich und es steht zu erwarten, dass in Kürze eine Fülle an Material vorliegt, welche einen grossen Teil der verschiedenen Bedenken und der geäusserten Vorsicht hinwegräumen wird. Die Typen selbst werden vervollkommt und dem Ziele vollendetster praktischer Benützbarkeit immer näher streben.

Die gegenseitige Concurrenz wird in gleicher Weise dieses Streben befördern, als auch den Anlagepreis vermindern.

Wird also bei Neuanlagen die Teilung des Betriebes gefordert und erweist sie sich als zweckmässig, so wird in diesem Falle eben die höchste Oekonomie der Motoren und die Unabhängigkeit der Fabrication von ersteren in Hinsicht auf den Bezug von Dampf ausgesprochen.

Besitzt der Industrielle zu den bisher als besten bekannten Maschinentypen ein grösseres Vertrauen, als zu dem neuen Heissdampf-Systeme, so wird er aber auf alle Fälle die ersteren derart ausführen lassen müssen, dass er bei diesen auch mit hoch überhitztem Dampfe arbeiten kann. Hier sei eingeschaltet, dass seinerzeit für Dampfmaschinen die Höchst-Anwendung von bis auf 200° Cels. überhitztem Dampf geraten wurde und alle darüber stehenden Dampftemperaturen als solche „hoher“ Ueberhitzung bezeichnet wurden, welche praktisch keine Anwendung mehr finden könnten.

Wir dürfen heute wagen, unsere normalen Typen mit Dampf von 250 bis 300° Celsius Dampf bedienen zu lassen und wissen, dass die Heissdampfsysteme bereits Dampf von 360° Celsius ohne Nachteil, dauernd verarbeiten. — Es wird daher gestattet sein, die Grenze des Beginnes der höheren Ueberhitzung bereits weit über 200° Celsius nämlich nahe an 300° Celsius hinauszuschieben, wenn gleichzeitig die Verwendung solchen Dampfes für motorische Zwecke und für die bisherigen Maschinentypen in Betracht gezogen wird.

Entscheidet sich der Industrielle für die Wahl resp. Beibehaltung der bisherigen normalen Maschinenconstructionen, so wird er dann

seiner Kesselanlage, welche mit „Einzel-“ oder „Centralüberhitzern“ zu versehen sein wird, sein grösstes Augenmerk zuwenden müssen.

Der voraussichtliche gesammte Dampfbedarf wird im Hinblick auf eine festgesetzte Beanspruchung der Kesselanlage die Gesammtheizfläche der Kessel selbst bestimmen; dabei muss auf allfällige Vergrösserungen und auf möglichste Ausdehnbarkeit der Beanspruchung Bedacht genommen werden.

Sehr von Einfluss ist hiebei der wiederholt erwähnte Umstand, dass die höchste Oekonomie also der grösste Effect der Kesselanlage erst durch Vereinigung der Vorteile einer vorzüglichen Kessel- und Feuerungsanlage mit jenen einer Dampf-Ueberhitzung erreicht werden kann.

Die Resultate der Ueberhitzung hängen zu einem grossen Teile von der Wahl richtiger Ueberhitzergrössen ab.

Diese Grösse wird im allgemeinen vorerst von der Beanspruchung der Dampfkesselheizflächen, in zweiter Linie aber von den örtlichen Verhältnissen und vom Zweck der Anlage bestimmt.

Bei Heissdampfmaschinen-Anlagen von in folgender Tabelle angegebenen effectiven Leistungen der Motoren, stellt sich z. B. bei Horizontal-Dampferzeugern das Verhältniss der Heizflächen zu den Ueberhitzergrössen und Beanspruchungen wie folgt.

Leistung des Motors in effectiven HP	Wirkliche Kesselheizfläche in m^2	Ueberhitzerfläche in m^2	Totale Feuerfläche in m^2	Verhältniss der Ueberhitz.-fläche zur Kesselheizfläche	*kg* Dampfconsum der Maschine pro 1 *h* und 1 eff. HP	*kg* Beanspruchg. der Kesselheizfläche pro 1 *h* und 1 m^2	*kg* Beanspruchg. der Ueberhitz.-fläche pro 1 *h* und 1 m^2
4·5	2	8·2	10·2	4·1 : 1	ca. 13	29·7	7·1
9·5	3·8	10·9	14·7	2·9 : 1	12	30	10·4
17·5	5·7	15·8	21·5	2·8 : 1	11	33·7	12·2
27·5	7·7	23·8	31·5	3 : 1	10	35·7	11·5
37·8	10·5	33·2	43·7	3·1 : 1	9	32·4	10·2
56·0	15	45	60	3 : 1	8.5	32·0	10·7
80·0	20	56	76	2·8 : 1	8·5	34·0	12·1
110·0	28	78	106	2·8 : 1	8	31·4	11·3

Durchschnittlich ist hier der Ueberhitzer dreimal grösser, als der Dampfkessel selbst und es übersteigt die Beanspruchung des Kessels die Ziffer 30; d. h. jeder Quadratmeter des Dampfkessels hat stündlich mehr als 30 *kg* Dampf zu liefern.

Die Heissdampfkessel sind demnach mehr als doppelt so stark beansprucht, als wir bei unseren normalen gut eingerichteten Dampfkesselanlagen es als wünschenswert erachten.

Dennoch ist das ökonomische Resultat der Heissdampfanlagen ein ganz bedeutend besseres. Obwol die besonderen Grössenverhältnisse zwischen Ueberhitzer und Dampfkessel das Ergebniss speculativer Berechnungen des Ingenieurs sind und positive Werte nach fixen Formeln derzeit fehlen, so bestätigt dennoch die Erfahrung aus den günstigen Ergebnissen dieses Systems, dass bei steigender Beanspruchung des Kessels die richtige Grösse der Ueberhitzer allein die Ursache der Erfolge ist.

Diese Wahrnehmung ist sofort auf die Betriebsverhältnisse unserer gewöhnlichen Dampfkessel übertragbar.

Bei mässiger Beanspruchung und niederen Dampftemperaturen werden kleinere Ueberhitzerflächen ausreichen, bei höheren Anforderungen werden dieselben zunehmen müssen. — Ausdrücklich sei jedoch hervorgehoben, dass in Bezug auf Beanspruchung der Kesselanlagen trotz der bisherigen günstigen Erfolge der Anwendung überhitzten Dampfes es sich nicht empfiehlt, die bisherigen Mittelwerte der Beanspruchung, welche zwischen 12 bis 16 *kg* Dampferzeugung per 1 *h* und per 1 m^2 Kesselheizfläche liegen, wesentlich zu überschreiten.

Demnach soll man auch bei Neuanlagen nicht viel sparsamer in der Grösse der totalen Kesselheizfläche sein, wenn auch auf die Anwendung der Ueberhitzung Bedacht genommen wird.

Und zwar einerseits in Rücksicht des ökonomischen Wirkungsgrades der Feuerungsanlagen, welcher bei kleineren Beanspruchungsziffern wesentlich grösser ist, anderseits mit Bedacht auf die künftigen mitunter sehr bald eintretenden Vergrösserungen der Betriebe selbst.

Es dürfen jedoch nicht „alle“ aus vorstehender Tabelle zu folgernden Beziehungen auch auf unsere normalen Anlagen angewendet werden.

Es resultirt nämlich auch, dass auf den Quadratmeter Ueberhitzerfläche eine Dampfmenge von nur 7 bis 12 *kg* pr. Stunde entfällt; wollte man diese Werte auf unsere gewöhnlichen Betriebe beziehen, so würde man ganz ungeheuere Ueberhitzeranlagen erhalten, deren erforderliche Ausdehnung ein dauerndes Hinderniss ihrer grösseren Verbreitung würde.

Für unsere bestehenden oder nach bisheriger Bauart noch zu errichtenden Anlagen benötigen wir aber auch nicht Dampftempera-

turen von 340 bis 380° Celsius, welche nur durch sehr grosse Ueberhitzungsflächen und grosser Dampfgeschwindigkeit in denselben erreichbar sind.

In Wahrheit ist bei den Heissdampfsystemen, wie bereits anderweitig bemerkt, — ein Teil des Ueberhitzers, und zwar der Vorüberhitzer in Bezug auf seine Wirkung noch Dampferzeuger, also ein Teil des Dampfkessels selbst, wenn auch nicht seine ganze Fläche als wirkliche Kesselheizfläche gerechnet werden kann. Dadurch verringert sich aber dennoch die Beanspruchung der Kesselheizfläche und erhöht sich jene des Ueberhitzers — es tritt also das natürlichere Verhältniss ein, welches die Ausführung von „Kesselüberhitzern“ ermöglicht.

Die praktische Erfahrung ergibt, dass bei unseren gewöhnlichen Stabilkesseln für normale Verhältnisse, d. i. bei mässig hohen Beanspruchungen und geringen Ueberhitzungstemperaturen, die Heizfläche des Kessels drei- bis viermal so gross sein kann, als die des zugehörigen Kesselüberhitzers.

Bei höheren Dampfleistungen und bei Dampf-Temperaturen, welche jene des gesättigten Dampfes um 80 bis 100° Celsius übersteigen sollen, wird man mindestens die halbe Heizfläche des Kessels als Grössenwert des einzubauenden Ueberhitzers annehmen.

Während also die Dampferzeugung in den Grenzen von 12—20 *kg* pro 1 Stunde und pro 1 m^2 Heizfläche variirt, können wir den Ueberhitzern Leistungen von 25 bis 40 *kg* stündlicher Dampfcirculation pro 1 m^2 ihrer Fläche aufbürden, je nachdem die Anforderungen gestellt werden.

Die theoretische Berechnung lässt auch für ein und denselben Fall verschieden grosse Ueberhitzerflächen in Vorschlag bringen, je nachdem der Wärmeübertragungs-Coefficient gross genommen wird, d. h. je nach der freien Annahme, wie viel Wärmeeinheiten 1 *kg* Dampf stündlich und für jeden Grad Temperaturunterschied aus 1 Quadratmeter der Ueberhitzerfläche entnimmt.

Während „Hirn“ als Zahlenwert für diesen allgemein mit dem Buchstaben „K“ bezeichneten Coefficienten den Wert 10 bis 15 annimmt, wählen andere weit darunter liegende Werte, wie 6 und 8; — je grösser nun dieser Coefficient angenommen wird, desto kleiner wird die berechnete Feuerfläche des Ueberhitzers werden. — Unter sonst gleichen Umständen wird man bei kleinem „K“, also bei grossen Ueberhitzungsflächen, jedoch naturgemäss weit höhere Dampftemperaturen erhalten, als solche bei kleinen Ueberhitzern erzielbar sein würden.

Die Grösse dieses Coefficienten ist abhängig vom Material und der Wandstärke des Ueberhitzers, ferner von dem Temperaturunterschiede zwischen dem Dampf und den Feuergasen, von der Belegung der Ueberhitzerfläche mit Russ und Flugasche, von der Dicke der Dampfschichte, von der Beschaffenheit des Dampfes, der Geschwindigkeit, mit welcher Dampf und Gas an den Flächen vorbeistreichen, der Bewegungsrichtung beider, also besonders von den Bedingungen, welche die Circulation (Strömung) des Dampfes und der Feuergase betreffen.

Die Circulation ist aber auch abhängig von der Beanspruchung des Kessels selbst, d. h. von der Dampfmenge, welche in einer bestimmten Zeit den Ueberhitzer zu passiren haben wird. Alle diese und noch andere Umstände beeinflussen die Grösse des Coefficienten „K", je nachdem dem einen oder dem anderen derselben mehr Bedeutung und Einfluss beigelegt werden muss.

Erfordert z. B. die stündliche Ueberhitzung von 3600 *kg* Dampf von 11 Atm. Ueberdruck und 80° Celsius Ueberhitze für $K = 6$ eine Ueberhitzerfläche von ungefähr 80 m^2, so würde sich für $K = 10$ eine solche von ca. 48 m^2 als genügend erweisen.

Die praktische Erfahrung wird bei mässig hoher Beanspruchung der Kessel den ersteren Wert von 80 m^2 für genügend bezeichnen, bei höherer Inanspruchnahme denselben aber sogar ganz wesentlich steigern, und zwar deshalb, weil der nasse Dampf eines forcirten Kessels im Ueberhitzer eben zum Zwecke des Nachverdampfens weit mehr Wärme resp. Ueberhitzfläche benötigt, als gesättigter Dampf zur blossen Ueberhitzung beansprucht. Enthielten die 3600 *kg* Dampf des obigen Beispieles 10% ihres Gewichtes an teils mitgerissenem, teils als Dampffeuchtigkeit vorhandenen Wassers, so würde ungefähr der doppelte Wärmeaufwand erforderlich sein, um solchen nassen Dampf um 80° Celsius zu überhitzen, als nötig wäre, um das gleiche Gesammtgewicht gesättigten Dampfes auf diese Temperatur zu bringen. — Daraus wird klar, wie sehr die Grösse der Ueberhitzer von dem Forcirungsgrade der Kessel und der Dampfbeschaffenheit selbst abhängig ist. — (Schmidt'sche Heissdampfanlagen).

In Erwägung der derzeitigen Unsicherheit hinsichtlich der Bestimmung richtiger Ueberhitzerflächen kann dem Industriellen nur der Rath gegeben werden, bei Anschaffung von Ueberhitzern mit Fachmännern Beratung zu pflegen.

Die Beanspruchung der Kessel, beziehungsweise der Ueberhitzer,

bestimmt weiters auch die Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes in den Ueberhitzerrohren.

In einem besonderen Falle beträgt z. B. bei einem Babcock-Willcox-Ueberhitzer diese Geschwindigkeit 25·0 *m* pr. Secunde; ein Hering'scher Ueberhitzer erreichte bei 30 *kg* Beanspruchung desselben pro 1 m^2 und 1 Stunde eine Dampfgeschwindigkeit von ca. 44·0 *m* pr. Secunde und eine Temperatur des Dampfes von 250 bis 260° Celsius. — Ein Schwoerer Ueberhitzer ergab bei 50 *kg* Beanspruchung und 19·0 *m* secundlicher Strömungsgeschwindigkeit Dampftemperaturen von 235—245° Celsius. — Obwohl es derzeit noch nicht möglich ist, bestimmte Beziehungen zwischen Beanspruchung, Ueberhitzerquerschnitt und Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes festzustellen, da uns einerseits noch zu wenig Beobachtungsmaterial vorliegt, anderseits aber die theoretischen Berechnungen versagen, ist als feststehend anzunehmen, dass ruhender Dampf auch bei sehr heftigem Feuer keine nennenswerte Ueberhitzung annimmt und dass mit Steigerung der Dampfgeschwindigkeit die Aufnahmsfähigkeit des Dampfes an Wärme ganz wesentlich steigt.

Bei Anlage von Ueberhitzern wird man daher gut thun, aus dem Gesammtquerschnitte der Ueberhitzerröhren des vorgeschlagenen Systems die voraussichtliche Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes zu ermitteln, da auch von dieser das Resultat beeinflusst werden wird.

Hier muss noch an das an anderer Stelle hinsichtlich des Einflusses der Ueberhitzergrösse auf die Leistungsfähigkeit der Dampfkesselheizflächen bereits Gesagte angeknüpft werden.

Ein Beispiel möge diesen Einfluss darstellen.

Eine Kesselanlage von 120 Quadratmeter Heizfläche hatte stündlich 2000 *kg* Dampf zu erzeugen; jeder Quadratmeter musste daher in der Stunde nahe an 17 *kg* Dampf liefern.

Durch Einführung der Ueberhitzung ergab sich, dass für die gleiche Leistung nur mehr 1700 *kg* pr. Stunde benötigt wurden; die Beanspruchung der Heizfläche sank daher von 17 *kg* auf 14 *kg* stündlicher Dampflieferung.

Diese ermässigte Inanspruchnahme hätte aber sonst nur dadurch erreicht werden können, wenn man für die gleiche Dampfleistung von 2000 *kg* in der Stunde die Heizfläche der Anlage vergrössert hätte; hiezu wären statt 120 m^2 143 m^2 nötig gewesen, d. s. also ca. 20% mehr, als die Anlage bisher an Heizfläche besass.

Durch Einbau des Ueberhitzers wurde aber diese Vergrösserung der Kesselheizfläche unnötig, da durch denselben eine Vermehrung

der Heizfläche, beziehungsweise der Leistungsfähigkeit um ca. 20% erreicht wurde. Diese Tatsache des bedeutenden Einflusses der Ueberhitzung auf die Leistung der Dampfkessel kann in vielen Fällen bei Errichtung von Neuanlagen von grosser Bedeutung werden.

Bei „Kesselüberhitzern" ist das Ausmaass derselben durch die jeweiligen verfügbaren Plätze im Feuerraum des Kessels oder in seiner nächsten Umgebung häufig beschränkt und man wird in manchen Fällen sich mit kleineren Ueberhitzungsflächen begnügen müssen oder Systeme anwenden, die vielleicht theurer in der Anschaffung sind, aber sehr hohe Ueberhitzungen wahrscheinlich machen.

Bei „Centralüberhitzern" tritt die Raumfrage erst in zweite Linie, denn bei diesen ist auf die Zweckmässigkeit des Ortes der Anlage vor allem zu sehen; eine fehlerhafte Aufstellung eines solchen Apparates kann einen grossen Teil der sonst erreichbaren Vorteile für sich verzehren. Bei deren Grössenbestimmung kommen die gleichen Momente zur Berücksichtigung, wie bei sonstigen Ueberhitzungseinrichtungen.

Vorerst ist die Dampfmenge und die Ueberhitzungstemperatur festzustellen, sodann ist der Grad der Kesselbeanspruchung für die genaue Festsetzung der Grösse maassgebend.

Sowol bei „Kesselüberhitzern" als auch bei Centralüberhitzern bestimmen die Länge, Dimension und der Zustand der Rohrleitungen, sowie die örtliche Lage derselben und der Dampfentnahmestellen, die Austrittstemperatur des Dampfes aus den Ueberhitzungsapparaten.

Der Einfluss der Rohrleitungen speciell wird bei Behandlung der an diesem wichtigen Teil der Dampfanlage nötigen Veränderungen näher erörtert werden.

Je ungünstiger die Verhältnisse sind, desto höhere Dampftemperaturen werden nötig sein, weil man immer mit Wärmeverlusten rechnen muss.

Höhere Temperaturen hängen aber zum grossen Teile von genügenden Ueberhitzungsflächen ab; daher werden ausser Dampfmenge und Kesselbeanspruchung noch die örtlichen Verhältnisse bei jeder Ueberhitzer-Anlage maassgebend zur Bestimmung deren Grösse werden.

Bei „Centralüberhitzern", die weit von der Kesselanlage entfernt sind, muss eine rechnerische Ueberlegung feststellen, wie weit dieselben noch von den Dampferzeugern aufgestellt werden können, damit nicht durch die enormen Wärme- und Condensverluste in der

Leitung zwischen Kessel und Centralüberhitzer der Vorteil der Anlage solcher verloren ginge. — Es wird bald constatirt werden können, ob bei zu grossen Entfernungen die Neueinstellung eines separaten Dampferzeugers sich als vorteilhafter erweist, als der Einbau von Centralüberhitzern.

Bemerkt sei weiters, dass diese Erwägungen insbesondere die Entscheidung beeinflussen, ob auf die Anlage von „Kesselüberhitzern“ oder „Centralanlagen“ übergegangen werden soll.

Die Beanspruchung der Ueberhitzungsflächen wird bei Centralüberhitzern meist wesentlich grösser genommen, als bei Kesselüberhitzern. — Dies wol deshalb, weil erstens durch entsprechende Einstellung der Feuerung weit höhere Ueberhitzungsgrade als bei Kesselüberhitzern möglich werden, zweitens weil man die zu grosse Anlage von solchen Ueberhitzern einzuschränken sucht — demnach der Ueberhitzfläche eine grössere Leistung aufbürden will.

So rechnen einige Constructeure, dass der Quadratmeter stündlich 30, ja sogar 50 *kg* Dampf auf eine Gesammttemperatur von 250 bis 280° Celsius überhitzen könne, während andere, vorsichtigere Ingenieure beträchtlich unter diese Werte gehen.

Bei der Wahl des Ueberhitzersystems lasse sich der Industrielle von folgenden Erwägungen leiten.

Insoferne nicht schon die vorhergegangenen Darlegungen auf die Wahl des Systems genügend Einfluss nehmen, soll weiters in Betracht kommen, dass die Dauerhaftigkeit desselben und die bezüglichen Garantien ein wichtiges Moment bilden.

Bezüglich der Leistungsfähigkeit kann von fast allen derzeitigen Systemen behauptet werden, dass sie bei entsprechender Anlage und Bedienung annähernd gleich gute Resultate liefern, sofern sie nur Gase hoher Temperaturen (nicht unter 450 bis 600° Celsius) zur Befeuerung erhalten.

Es wird wol einigermassen der Wert der Heizfläche von der constructiven Ausführung derselben abhängig werden, als auch die Beschaffenheit der verfeuerten Kohle mit Rücksicht auf die Russ- und Flugaschenbildung die Leistung, insbesondere auf ihre dauernde Gleichartigkeit hin, beeinflussen, und einige Systeme werden für gleichen Erfolg mehr Gesammtheizfläche benötigen, als andere. — Dabei muss erwähnt werden, dass, ebensowenig wie bei Dampfkesseln die ganze berechnete Heizfläche wirklich gleichmässig an der Dampferzeugung mitarbeitet, auch bei Ueberhitzern nur ein Teil der Fläche der activste, tätigste, sein kann.

Die dem Feuer abgewendeten Flächen, ferner alle jene, welche sich zuerst mit Russ und Flugasche belegen, weiters alle Rippen, Krümmer etc., welche nicht vom directen Feuerfluge berührt werden oder nicht unmittelbar Wärme an den Dampf übertragen können, werden eine geringere wirkliche Leistung besitzen, und es wird den activen Teilen der Leistungsunterschied zur Bewältigung mit übertragen werden müssen.

Es wird deshalb bei Prüfung von Offerten nicht nur die Grösse der Heiz-, bezw. Ueberhitzfläche, sondern auch ihre wirkliche Leistung in Ueberlegung zu ziehen sein.

Aber dennoch wird vor allem die Betriebssicherheit, beziehungsweise die Bestanddauer für die Wahl maassgebend bleiben.

Nach den diesbezüglichen Garantien der Erfinder wird der Industrielle sofort feststellen, in welcher Zeit sich die Amortisation zu vollziehen haben wird, und er wird dem System den Vorzug geben, welches die Amortisationszeit länger zu überdauern verspricht. — Hiebei werden die Erfahrungen, welche in Anwendung der einzelnen Systeme gewonnen wurden, die Wertmesser derselben sein.

Zweifellos werden jene Einrichtungen, welche eine lange Dauer und häufige Anwendung erweisen können, neuen Systemen im Vorrang sein, und diese werden nur wieder durch sichtliche und wirklich erweisbare Vorzüge und strengere Garantien in den Concurrenzkampf treten können.

Der Industrielle hat weiters der Regulirbarkeit des Ueberhitzers seine Aufmerksamkeit zuzuwenden; jene Systeme, welche gegebenen Falls diese sicherer und rascher ermöglichen, werden in einzelnen Fällen den Vorzug erlangen; in der Mehrzahl derselben ist jedoch die Erhaltung einer constanten Temperatur die zu erfüllende Aufgabe, und es wird im allgemeinen eine grosse Veränderlichkeit derselben selten gefordert werden.

Hingegen müssen alle Systeme die Sicherheit bieten, dass keine Ueberschreitung der höchst zulässigen Dampftemperatur eintreten, beziehungsweise durch zweckmässige Einrichtungen vollkommen verhindert werden kann.

Dies kann durch Einbau von gut wirkenden, genügend grossen Sicherheitsventilen, welche, nicht absperrbar, beständig mit dem Inneren des Apparates in Verbindung stehen, erreicht werden.

Weiters soll auf die Zugänglichkeit, auf die leichte, gründliche Reinigung und auf die rasche Ausschaltbarkeit der Ueberhitzer Gewicht gelegt werden.

Diese Eigenschaften müssen von allen Systemen verlangt und erfüllt werden; sie bedürfen keiner weiteren Begründung, beeinflussen aber sehr die Anwendbarkeit einzelner Systeme und den dauernd gleichmässigen Effect, ebenso wie die Sicherheit der Aufrechterhaltung eines ungestörten Fabriksbetriebes.

Je weniger Umständlichkeiten die Betriebsführung erfordert, desto vorteilhafter ist es, und je weniger Mühen und Kosten die Instandhaltung benötigt, desto eher wird die Amortisation durchführbar werden.

Die Erfahrung lehrt, dass diese bei normalen Betrieben in zwei, längstens in drei Jahren vollendet sein wird; in sehr vielen Fällen wird es sich jedoch ereignen, dass der Vorteil des ersten Betriebsjahres bereits ganz oder zum grössten Teile die Amortisation ermöglicht.

Bei unterbrochenen und sehr unregelmässigen Betrieben wird die Dauer der Abschreibung natürlich länger währen.

Nicht allzusehr ausschlaggebend darf für den Käufer solcher Apparate der Preis derselben sein, und gewarnt seien diese vor dem beliebten Mittel des Preisdrückens. Sie kaufen nicht besser, wenn sie am Billigsten beharren; die Concurrenz drückt zu hohe und ungerechtfertigte Forderungen schon selbst.

Ausserdem sollen die erste Umständlichkeit der Anbringung und die Auslagen, welche durch verschiedene Ergänzungen und Veränderungen in der Anlage nötig werden, nicht das Zutrauen des Käufers zu irgend einem System, für welches er mehr Neigung hat und welches seinen Verhältnissen besser zu entsprechen erscheint, erschüttern.

Wie überall, wird eben die persönliche Meinung und die Methode der Offerirung eine wichtige Rolle in der Entscheidungsfrage spielen.

Es muss deshalb hier ein Abwägen der verschiedenen Constructionen unterlassen werden.

Die Erfahrung wird diesen kurzen Mitteilungen noch viele wichtige Ergänzungen hinzufügen. Alle derzeit in Anwendung stehenden Systeme werden im Laufe der Zeit mit neuen in strengen Wettbewerb treten müssen. Schliesslich werden in Folge veränderter Bahnen der Dampfmaschinen-Technik die ursprünglichen Typen verschwinden, und Vollkommeneres wird das Alte verdrängen!

XIII. Ueber notwendige Veränderungen und Einrichtungen an Dampfbetriebsanlagen, bei welchen die Dampfüberhitzung eingeführt werden soll.

1. Veränderungen an den Dampfkesseln selbst.

Bei Besprechung derselben muss ausschliesslich das System der „Kesselüberhitzer“ in Betracht gezogen werden, da die „Centralüberhitzer“ nur indirect jenen Einfluss auszuüben vermögen, welcher in gleicher Art und Ausdehnung bei ersterem Systeme direct eintritt.

Bei den Systemen der Heissdampfanwendung und verwandter Einrichtungen handelt es sich ohnedies stets um Neuanlagen, bei welchen alle erforderlichen Veränderungen bereits seitens der Erbauer dieser Einrichtungen vorgesehen wurden.

Die Art und Erstreckung der Veränderungen an bestehenden Dampfkesseln ergibt sich aus den Resultaten und aus dem Einflusse, den die Anwendung der Ueberhitzung nachzuweisen vermag.

Wir müssen daher aus diesen nach rückwärts auf die Dampferzeuger schliessen.

Die Ueberhitzung verringert die vom Kessel für die gleiche Leistung zu erzeugende Dampfmenge. Diese Dampfmenge ist das Ergebniss der am Roste verfeuerten Kohlenquantität; wird daher erstere vermindert, so wird auch die Feuerungsanlage entlastet, d. h. es wird auf derselben Rostfläche jetzt weniger Brennstoff aufgegeben werden; es ist daher zu überlegen, ob die vorhandene Rostfläche dann nicht zu gross wird, demnach einen grossen Luftüberschuss zulässt, welcher einen nachteiligen Einfluss auf den Effect der Feuerungsanlage ausüben könnte.

Warum ein zu grosser Luftüberschuss nachteilig wird, soll kurz erwähnt werden.

1 *kg* Steinkohle von ca. 6800 Calorien (Wärmeeinheiten) bedarf zur vollständigen Verbrennung mindestens $9^3/_4$ *kg* Luft; es ist aber ausserdem noch ein Luftüberschuss notwendig; die erforderliche Grösse desselben hängt von der Construction der Feuerung ab, d. h. von der Fähigkeit derselben, eine innige Vermischung der Feuergase und der eintretenden Luft zu ermöglichen.

Dieser Luftüberschuss wird aber zu seiner Erwärmung Kohle bedürfen, anderseits aber die Temperatur in den Feuerzügen ermässigen. Letzteres wird besonders dann eintreten, wenn der Rost zu

gross ist, stellenweise unbedeckt bleibt und kalter Luft ein Durchströmen ermöglicht wird. Wir wissen aber ausserdem, dass mit steigendem Luftüberschusse der Schornsteinverlust zunimmt und dass z. B. bei 1·5-fachem Ueberschusse dieser 18—20%, bei 3-fachem hingegen über 33% der von der Kohle auf dem Roste entwickelten Wärmemenge absorbirt.

Es muss daher erstrebt werden, unnötigen Luftüberschuss zu vermeiden; ein Mittel hiezu ist die Wahl passender Rostflächen.

Da wir weiters wissen, dass mit steigender Ueberhitzung der Dampfverbrauch an Dampfmaschinen sich vermindert und dadurch selbst bei langen Leitungen die Gefahr der Condensation des Dampfes in denselben abgewendet wird, ist es nötig, den Ueberhitzungsapparaten Feuergase von hoher Temperatur zuzuführen, um hohe Dampftemperaturen zu erhalten. Besitzen die Feuerungsanlagen und das Kesselmauerwerk Risse, Spalten etc., durch welche Aussenluft eintreten kann, so wird die Masse der Verbrennungsgase verdünnt und deren Temperatur erniedrigt.

Ausserdem wird die Verbrennung am Roste verschlechtert.

Deshalb ist auf den besten Bauzustand der Feuerungsanlagen und der Kesseleinmauerung, sowie der Bauten, welche den Ueberhitzerkörper umgeben, besonders zu achten.

Da auch die Bedienung der Feuerungen in hohem Maasse deren Effect beeinflusst, ist auch diesem Umstand ein besonderes Augenmerk zuzuwenden.

Durch den Einbau von Kesselüberhitzern wird die Einmauerung der Dampfkessel teilweise geändert, und es ergibt sich die Notwendigkeit, zu untersuchen, ob durch diese Aenderung nicht die Zugstärke beeinflusst werde.

Desshalb ist den Durchgangsquerschnitten der Zugscanäle grösste Beachtung zu widmen.

In Fällen, bei welchen es zweifelhaft wird, ob der Schornstein bei solchen Aenderungen noch gleich leistungsfähig bleibt, ist dieser genau zu untersuchen, und müssen eventuell bauliche Reconstructionen den mangelhaften Zug verbessern. Ueberdies soll jeder Kesselbesitzer auf grösst erreichbare Zugstärke sehen; nachdem die Wirkung des Schornsteines vor allem von seinem freien Querschnitte (dem engsten) abhängt, ist bei Neuanlagen und Reconstructionen ganz besonders auf Wahl weiter Schornsteinquerschnitte zu dringen; ein „zu viel" schadet niemals; diesem kann auch leicht abgeholfen werden, während ein „zu wenig" den ganzen Effect der

Anlage herabsetzt und in kurzer Zeit neue bauliche Anlagen verursacht.

Wenn irgend möglich, soll die Zugstärke eines Schornsteines bei normal beschicktem Roste überhaupt nicht unter 16 bis 18 *mm* Wassersäule betragen, je mehr desto besser.

Der Einbau von Schiebern oder Regulirungsklappen für die Ueberhitzer verlangt, um möglichst geringe Zugshindernisse zu verursachen, grosse Durchgangsquerschnitte; auch muss die Oertlichkeit des Einbaues überlegt werden, da der directe Anprall des hochtemperirten Feuerstromes sonst leicht ein Verbrennen, Verbiegen oder Verziehen der Rahmen, Schieber und Klappen verursacht, wodurch die Regulirbarkeit verhindert wird.

Die leichte Reinigung und gute Zugänglichkeit erfordern genügend weite Einsteig- und Putzöffnungen; insbesondere ist auf die Anwendung eines Dampfstrahlapparates zu achten, welcher den Kesselwärter in den Stand setzt, die Ueberhitzerflächen auch während des Betriebes teilweise zu reinigen.

Diese Einrichtungen werden bei Besprechung der Betriebsregeln noch zur Erörterung kommen.

Auf die Dampfkessel selbst nimmt der Einbau von Ueberhitzern keinerlei Einfluss; da diese Apparate durch Absperrventile von den Kesseln vollkommen getrennt werden können, weiters rasch ausschaltbar sind, erscheinen sie selbst als unabhängige Einrichtungen, welche nur aus Gründen der Oekonomie und der bequemen Anbringung mitunter in die unmittelbare Nähe der Dampfkessel gebracht werden.

2. Einrichtungen und Veränderungen, welche die Rohrleitungen und deren Armaturen betreffen.

Der überhitzte Dampf tritt durch das Dampfventil in die Hauptleitung, beziehungsweise in den Dampfverteiler ein.

Ein vor dem Ventile eingesetztes Thermometer lässt die jeweilige Höhe seiner Temperatur genau ablesen.

Die zur Verwendung gelangenden Thermometer sind meistens Quecksilberthermometer; die Construction derselben ist gleich jener der gewöhnlichen Ausführung; es wird jedoch bei höheren Temperaturen der enge Raum der Glasröhre oberhalb des Quecksilbers mit Stickstoffgas gefüllt, um den Siedepunkt des ersteren möglichst hinauszuschieben.

Allerdings befindet sich derselbe bei normalem Druck erst bei 360° Celsius, liegt also in der Mehrzahl der Fälle hoch über der

Temperatur bis jetzt angewendeter Dampfüberhitzungen; doch werden die für höhere Temperaturmessungen bestimmten Thermometer aus Fabricationsrücksichten stets in angegebener Weise gleichartig ausgeführt.

Bei Gebrauch derselben ist zu achten, dass diese nicht zu rasch in die hohe Temperatur gebracht werden, da die Elasticität des Glases den plötzlichen, intensiven Spannungsänderungen nicht nachfolgen kann und durch vorschnelles Einsetzen die Thermometer zerspringen können. Auch können hiedurch und durch zu rasches Abkühlen Fadenrisse der Quecksilbersäule entstehen, wodurch die Ablesungen bei steigenden Temperaturen unsicher werden.

Gewöhnlich werden die Thermometer in eigene gusseiserne Passstücke eingesetzt, welche einen in das Innere des Dampfleitungsrohres reichenden angegossenen sackförmigen Ansatz besitzen, der von aussen mit Quecksilber oder Stearin gefüllt wird.

Es empfiehlt sich aber, vorher die Glaskugeln dieser Thermometer mit Asbestfäden zu umwickeln, um raschen Temperatursveränderungen entgegen zu wirken, welche ein Platzen der Kugeln leicht herbeiführen können.

In dieses Bad wird das Kugelende des Thermometers eingesetzt; eine metallische Hülle, welche das Thermometer teilweise umschliesst und an das Passstück passend befestigt ist, sichert den Apparat vor dem Umstürzen, oder vor Beschädigungen. Einfacher und gleichen Zweck erfüllend ist die Anordnung, dass man an irgend einer leicht zugänglichen Stelle der Leitung das Rohr anbohrt und dann ein gegen das Rohrinnere verschlossenes, nach aussen offenes Gasrohr von ca. 15—20 *mm* lichter Weite einschraubt, welches mindestens bis in die Mitte des Leitungsrohres reicht. In dieses Rohr wird das Thermometer, nach vorheriger Halbfüllung mit Quecksilber, gesteckt.

Eine andere Art dieser Thermometer sind die stählernen Quecksilber-Thermometer von Steinle und Hartung in Quedlinburg, ferner die Luftpyrometer von Siegert und Dürr in München.

Bei ersteren ist das Quecksilber statt in Glasröhren in solchen aus weichem, biegsamen Stahl eingeschlossen; bei letzteren bewirkt die Ausdehnung von Luft die Anzeige von Temperaturveränderungen.

Die Volumsänderung des Quecksilbers bei steigender Temperatur wird durch eine lockenförmig gewundene Schraubenfeder, welche einen hohlen Querschnitt besitzt, auf ein Zeigerwerk übertragen.

Durch den im Innern dieser Capillarfeder in Folge der Aus-

dehnung des Quecksilbers entstehenden Druck wird die Feder aufgedreht und der am oberen verschlossenen Ende der Feder angebrachte Stahlstift verdreht; durch passende Uebersetzung wird diese Bewegung auf einen Drehzeiger übertragen.

Diese Thermometer eignen sich bis zu Temperaturen von 500° Celsius; sie können (ebenso wie die für höchste Hitzegrade geeigneten Luftpyrometer) auch als Fernthermometer Anwendung finden, indem das die Schraubenfeder mit dem im Feuer oder Dampfraume befindlichen Quecksilberbehälter, der übrigens auch von Stahl ist, verbindende engröhrige, biegsame Stahlrohr beliebig lang — bis 50 Meter — gemacht werden kann; es ist daher möglich, in sogar grösseren Entfernungen vom Ueberhitzer die Temperaturablesung, resp. die Controlle bequem durchzuführen, und es bleibt dem Kessel- oder Maschinenwärter erspart, die täglich wiederholte zum Teil oft umständliche Besteigung des Kesselplateaux oder des Ueberhitzapparates und das Einsetzen der Glasthermometer vorzunehmen.

Diese Thermometer werden auch mit selbsttätigen Schreibvorrichtungen (Registrirung) oder mit elektrischen Alarmsignalen in Verbindung gebracht.

Die Rohrleitungen in den Kreis der Erörterungen ziehend, muss vor allem auf das Material derselben Bedacht genommen werden.

Leider können hier mangels vorliegender Versuchsergebnisse nur allgemeine diesbezügliche Darlegungen vorgebracht werden.

Von der Verwendung des Kupfers zu Dampfrohrleitungen, welche hohem Druck und demnach hoher Temperatur ausgesetzt sind, ist möglichst Abstand zu nehmen. Denn es hat sich aus den im Jahre 1894 von Professor Martens in Berlin vorgenommenen Vorversuchen zwecks Ermittlung der Festigkeitseigenschaften von Kupfer ergeben, dass bei hart gehämmertem und hart gezogenem Kupfer, wie solches Material zu Rohrleitungen und Dampfapparaten verwendet wird, bei Erhitzungen, welche noch 250° Celsius nicht überschreiten, ein beginnender ungünstiger Einfluss auf dessen Festigkeitseigenschaften bemerkbar wird, der mit zunehmender Temperatur sich, wenn auch langsam, vermehrt.

Sehr maassgebend ist dabei jedoch die Zusammensetzung des Kupfers, und es erscheint sicher, dass durch einen Arsen- oder Phosphorgehalt die Festigkeit des Kupfers im bearbeiteten wie unbearbeiteten Zustande zunimmt.

Durch die Bearbeitung des Kupfers wird zwar seine Streckgrenze (Dehnbarkeit) wesentlich erhöht, aber sie vermindert sich wieder rasch bei Erwärmung, und diesem Momente ist bei Bemessung der zulässigen Beanspruchung von Constructionsteilen vor Allem grösster Einfluss beizumessen.

Da nun bei überhitztem Dampfe ausser hohen Temperaturen in jüngerer Zeit auch noch hohe Spannungen in Anwendung kommen, muss dem Verhalten des Kupfers sowol bei Verwendung desselben für Leitungsteile, als auch für Apparate und div. Einrichtungen grosses Augenmerk zugewendet werden.

Man hat schon früher die für hohe Spannungen bestimmten Kupferrohre durch Umwickeln und Einschnüren derselben mit Draht möglichst widerstandsfähig zu machen gesucht — allein der Mangel an Erfahrungen und die wiederholten Brüche von Rohrleitungen haben erkennen lassen, dass ohne gründlicher Untersuchung verschiedenen Materiales die Frage nach der zweckmässigsten Ausführung von Rohrleitungen für Dampf von hohen Spannungen und hohen Temperaturen nicht gelöst werden könnte.

Es ist deshalb im Jahre 1896 seitens der königlichen preussischen Versuchsanstalt in Berlin „Charlottenburg" unter Mithilfe hervorragender Fachmänner ein detaillirtes Programm ausgearbeitet worden, nach welchem unter Leitung des Professors Martens die angeregten Untersuchungen vorgenommen werden sollen.

Dieselben werden sich sowol auf Kupferrohre (gezogen, gelötet, genietet, gebogen und verstärkt) als auch auf Eisenrohre (gezogen, geschweisst, gelötet, genietet, aus Schmiedeisen, Flusseisen und Stahl hergestellt) beziehen und den Festigkeitszustand bei Erhitzungen von 200 bis 350° Celsius beobachten; wenn möglich, werden aus ihren Ergebnissen allgemein giltige, grundlegende Bedingungen über die zulässigen Beanspruchungen von Kupfer und der anderen für Rohre und Dampfkesselteile verwendeten Materialien aufzustellen sein.

Leider ist bis jetzt mit den eigentlichen Versuchen noch nicht begonnen worden, da die hiefür erforderlichen, bedeutenden Mittel noch nicht verfügbar geworden sind.

Immerhin bürgt die Persönlichkeit des Professor Martens, welcher schon die Vorversuche mit grosser Genauigkeit durchführte, dass die dabei erhaltenen Resultate, die schon für sich zu grosser Vorsicht bei Verwendung von Kupfer mahnen, sehr wahrscheinlich bei den genauen Ueberprüfungen eine volle Bestätigung erhalten werden.

Der Industrielle wird daher gut thun, den bisher bekannten Beobachtungen Vertrauen zu schenken und bei Anlage von Ueberhitzern, insbesondere bei Röhren von grösseren lichten Weiten (über 30 *mm*) und höherem Drucke, Kupfer gänzlich zu vermeiden bezw. durch Eisen zu ersetzen.

Sind schon gezogene und hart gelötete Kupferrohre auch kleinster Lichtweite unverlässlich, so erscheinen weich gelötete absolut unbrauchbar. Während gute Hartlote sogar 600—700° Celsius (schwache Rotglut) vertragen, befindet sich der Schmelzpunkt von Weichloten in den Grenzen von 135 bis 207° Celsius.

Bezüglich der Festigkeitsverhältnisse, resp. der Veränderungen, welche Schmied- und Flusseisen bei höheren Temperaturen erfahren, kann gesagt werden, dass nach Untersuchungen von Kollmann, Howard, Martens und Anderen dieselben erst bei Temperaturen über 300° Cels. einzutreten beginnen und dass hier die Wahl von Materialien sich empfiehlt, welche geringere absolute Festigkeiten (Zug), jedoch eine höhere Dehnungsfähigkeit besitzen. Die zu wählende Zugfestigkeit soll zwischen 36—42 *kg* liegen.

Bei Gusseisen treten ungünstige Veränderungen seiner Festigkeit erst bei weit höheren Temperaturen, nämlich über 480° Cels. ein.

Neuerer Zeit wendet man für Hochspannungen das Rohrsystem von van Vleck und Ferranti an; diese amerikanischen Ingenieure befördern den Dampf nicht durch ein einziges, sondern durch mehrere parallel nebeneinander befindliche mit einer gemeinsamen Flansche versehene Eisenröhren geringerer Lichtweite; die grösseren Kosten der Leitung werden durch die erhöhte Sicherheit reichlich ersetzt, und können bei Neuanlagen diese oder ähnliche Systeme, vornehmlich bei Hochspannungen, sehr empfohlen werden.

Die Verbindung der einzelnen Rohrstücke erfolgt entweder durch Muffen oder durch Flanschen.

Selbstverständlich können bei erster Verbindung nur schmiedeiserne Leitungen mit Gewindemuffen, nicht aber Gusseisen-Leitungen in Betracht gezogen werden.

Die gewöhnlichen Muffenverbindungen ersterer sind aber keineswegs so verlässlich, dass deren Ausführung insbesondere für Leitungen grösserer Länge und weiteren Querschnittes sich empfohlen hätte. Wol aber hat in jüngster Zeit eine neue Gewindemuffenverbindung grosse Erfolge aufzuweisen gehabt.

Diese wird von Thyssen u. Comp. in Mühlheim a. Ruhr ausgeführt.

Bei Anwendung derselben ist es nötig, die vom Rohr-Walzwerke mit verdickten Enden gelieferten Röhren mit konischen (vorne kleineren) Gewinden zu versehen; gleich passende Gewinde werden in die Muffen eingeschnitten und zwar derart, dass der Gewindekonus auf den beiden Aussenkreisen der Muffe den grösseren und in der Muffenmitte den kleineren Durchmesser erhält.

Diese Muffenverbindung ist schon bei Leitungen von 110 bis 180 *mm* lichter Weite und 600 und mehr Meter Länge mit vorzüglichem Erfolge verwendet worden.

Bei solchen Leitungen, welche gewöhnlich in der Mitte zum Zweck einer Verteilung der Längenausdehnung fest verankert werden, erhalten nur die Eckkrümmer Flanschen, welche Metalldichtungen besitzen, die eine gelenkartige Bewegung zulassen.

Die grosse Dichtheit der Muffenverbindung ist zuverlässig, und erhält man auch in Folge Wegfalles aller Flanschen eine gleichmässige nirgends unterbrochene Umhüllung.

Die angewendeten Flanschenröhren werden entweder aus Gusseisen oder aus Schmiedeisen hergestellt.

Ueber die Dichtungen von Rohrflanschen werde nunmehr Folgendes mitgeteilt.

Hauptbedingung ist, dass die Dichtungen aus einem Materiale angefertigt sind, welches bei hohen Temperaturen und hoher Spannung des Dampfes genug widerstandsfähig ist.

Bekannt ist, dass undichte Flanschen ganz bedeutende Dampfverluste ergeben; nun ist bei nassem Dampfe die Undichtigkeit dem Auge leicht und sofort kenntlich, weil derselbe beim Ausströmen dichte Dampfwolken bildet. Ueberhitzter Dampf hingegen bleibt bei Flanschenundichtheiten dem Auge vollkommen unsichtbar, und man wird nur durch die Empfindung an genäherter Hand den Ort der Ausströmung ausfindig machen können.

Werden nun Dichtungen eingebaut, welche durch die Ueberhitzungswärme bald zerstört werden, so hat der Industrielle fortwährende Reparaturen und Störungen, die erst dann ein Ende nehmen, wenn er die theureren aber hitzebeständigen Dichtungen anwendet, welche durch die Erfahrung ausprobirt sind.

Von diesen Dichtungen muss aber noch verlangt werden, dass sie sich an den Flanschen nicht festbrennen, sondern bei eventuell nötigen Auswechslungen leicht entfernbar sind.

Die verschiedenen Dichtungen erfordern aber auch verschiedene Flanschenbearbeitungen. Manche Flanschen erhalten Ansätze, welche in eingedrehte Nuten der Gegenflansche gut hineinpassen; die vorzunehmende Abdichtung erfolgt erst ausserhalb dieser Ansätze auf der restlichen, meist schmalen, glattgedrehten, frei gebliebenen Flanschenfläche.

Diese Anordnung dürfte insbesondere bei hohen Spannungen sehr empfohlen sein. Meistens erhalten die Flanschen abdrehbare Arbeitsleisten (Dichtungsleisten), welche entweder glatt bearbeitet werden oder eingedrehte Rillen besitzen.

Hier werde eingeschaltet, dass für höhere Spannungen und grössere Lichtweiten Rohre aus Schmiedeisen und Mannesman-Stahlröhren solchen aus Gusseisen vorzuziehen sind.

Diese Rohre erhalten dann entweder feste Flanschen, welche durch ein am Rohrende aufgeschnittenes Gewinde mit diesem verbunden sind und dann noch angelötet werden, oder es werden auf den Rohrenden glatte Bunde aufgeschweisst, hinter welchen lose glatte Flanschen sich befinden.

Einige Fabrikanten ziehen es vor, statt Anwendung dieser Bunde die Rohrenden selbst umzubördeln und die losen Flanschen mit ineinandergreifenden Ansätzen zu versehen u. s. w.

Auf alle Fälle ist auf eine absolut sichere, sich nicht veränderbare Flanschenverbindung sehr Acht zu haben.

Bei neuen Rohrleitungen, welche hoch gespannten Dampf fortleiten, soll man sich auch nicht bezüglich der Schraubenzahl an die bisherigen Anwendungen halten, sondern so viele Schrauben pro Flansche nehmen, dass die Beanspruchung des Querschnittes derselben möglichst klein werde.

So wähle man z. B. für Lichtweiten von 100 *mm* und bei mehr als 10 Atm. Dampfspannung statt 4 Schrauben deren 6. Ebenso wie die Ausführung der Flanschen, hat eben auch die Zahl der Flanschenschrauben einen Einfluss auf die Haltbarkeit der Dichtungen.

Rohrleitungen, welche für nicht zu hohe Spannungen und in mässigen Lichtweiten ausgeführt sind, können aus Gusseisen sein, und zwar auch dann, wenn höhere Ueberhitzungstemperaturen vorhanden sind.

Bei der Mehrzahl der älteren Anlagen werden die Leitungen aus diesem Materiale erstellt sein; doch soll eine Ueberprüfung derselben bei Einführung der Ueberhitzung nicht versäumt werden;

schadhafte Teile oder solche mit zu schwachem oder beschädigten Flanschen, auch jene seien einbezogen, welche durch fehlerhafte Lochbohrungen geschwächt erscheinen, müssen bei Zeiten ausgewechselt werden.

Von dem Zustande der Flanschen selbst wird besonders bei älteren Anlagen die Wahl des Dichtungsmateriales abhängig werden.

Es kommt vor, dass die Arbeitsleisten roh gegossen, oft gar nicht bearbeitet und oft nur grob behauen wurden; an ein Auswechseln der Leitung kann in Folge hoher Kosten oder grosser Betriebsstörungen nicht gedacht werden.

In solchen Fällen, oder dort, wo man eine möglichst billige Ausführung vorzieht, wendet man mit vorzüglichem Ergebnisse die Dichtung mit Asbest an.

Dieser in der Form von Asbestpappe hergestellten Dichtung mit ca. 80—90% reinem Asbestgehalt, welchem öfter auch Grafit angefügt wird, kommt beinahe der Wert einer Universaldichtung zu. Da reines Asbestgewebe nicht genügend Festigkeit besitzt, muss es mit anderen Stoffen verbunden werden, welche die Widerstandsfähigkeit erhöhen, ohne die Hitzebeständigkeit beeinträchtigen zu dürfen. Jedenfalls trachte der Industrielle nur beste Asbestdichtungen zu verwenden; sollte sich in einigen Fällen eine zu geringe Haltbarkeit ergeben, so ist, gute Behandlung der Dichtung vorausgesetzt, die Qualität der Asbestdichtung nicht die für vorliegende Verhältnisse erforderliche gewesen.

Die Combinationen von Asbest mit Kautschuk, resp. die gummirten Asbestgewebe, haben ihre gute Verwendbarkeit bei hohem Dampfdrucke und bei Einwirkung von Condensations-Wasser wol bewiesen, aber bei den viel höheren Temperaturen der Ueberhitzung können sie nur in beschränktem Maasse und nur bei Temperaturen unter 200° Celsius Anwendung finden. Das Gleiche gilt von den mit Messinggewebe versehenen gummirten Asbestdichtungen; ganz auszuschliessen sind alle Dichtungen, welche einen grösseren Gehalt an Kautschuk besitzen, auch wenn die Dampftemperaturen 200° Celsius noch nicht überschreiten.

Ebenso sind die Lederdichtungen, Leinwand- und Hanfpräparate ferner Graphitplatten, Combinationen mit unvulkanisirtem Kautschuk und so viele andere noch so gut angepriesenen Dichtungsmateralien bei steigender Dampftemperatur unverwendbar.

Höchste Anforderungen an Dauerhaftigkeit können nur an metallische Dichtungen gestellt werden. Die lang bekannten Linsen-

dichtungen sind jedoch viel zu theuer, als dass sie eine grössere Verbreitung gefunden hätten.

Auch erfordern sie sehr kräftige Flanschen, veranlassen daher eine bedeutende Gewichtsvermehrung; weiters ist es nicht gut möglich, diese durch andere provisorische Dichtungen (im Notfalle) zu ersetzen, weil in den meisten Fällen die eigenartige Bearbeitung der Flanschen die Anwendung anderer Dichtungen ausschliesst.

Zu den metallischen Dichtungen müssen noch alle jene gerechnet werden, bei welchen ein Hauptteil aus Metallen in Form von Platten, Geweben und Ringen besteht.

Zu ersteren muss man die Combinationen von Asbest und Blei zählen, welche da und dort zufriedenstellende Ergebnisse ausgewiesen haben.

Häufig sind diese aber noch durch eine Kautschuklage schmiegsamer gemacht, welche aber die Verwendbarkeit bei hohen Temperaturen wieder ausschliesst.

Auch reine Bleiplatten sind hie und da zur Anwendung gekommen.

Sehr gut bewähren sich eben Metallgewebe nur dann, wenn sie mit absolut hitzebeständigem Materiale combinirt werden können.

Messinggewebe mit Mennig sind unsere ältesten Metalldichtungen und haben sich diese auch bei sehr hohen Spannungen bewährt. — Aber Dampf von 15 Atm. Ueberdruck besitzt erst eine Temperatur von ca. 202° Celsius, während wir bei Anwendung mässiger Dampfüberhitzung bereits auf 230° bis 280° Celsius kommen!

Es kann nicht zweifelhaft sein, dass auch diese Dichtung nur bei niederen Temperaturen gut anwendbar ist, abgesehen davon, dass sie jedesmal frisch hergestellt werden muss und erst dann zur vollen Wirkung kommt, wenn sie erhärtet ist.

In die gleiche Kategorie kommen die aus gewelltem Kupferblech gepressten Dichtungsscheiben.

In die Wellen wird beiderseitig Mennige dicht aufgetragen und sodann diese glatt gestrichene Platte, welche also in der Mitte eine federnde Kupferscheibe besitzt, zwischen die Flanschen eingeschoben.

Bis nun sind als dauerhafte Metalldichtungen nur die profilirten natlosen Kupferringe zu bezeichnen. — Kupferdraht, welcher ringförmig gebogen und an den Enden zusammengelötet wurde, ist schon seit vielen Jahren in Verwendung gekommen, aber die Härte der Lötstelle war stets ein Hinderniss vollkommener Abdichtung;

erst durch Vermeidung einer Lötung ist es möglich geworden, ein absolut gleichartiges Material zu erhalten.

Diese Kupferringe, deren Breite von 4 *mm* bis 15 *mm* variirt, haben verschiedene Profile: quadratisch auf die Fläche oder auf die Spitze gestellt, kreisrund, elliptisch mit vertical gestellter Längsaxe der Ellipse, dreieckig, wobei die eine Dreieckseite und zwar die auf der Innenseite des Ringes, vertical steht, ferner Combinationen des quadratischen und dreieckigen Profiles; manche haben eine nach aussen sich öffnende Rille, in welche Asbestfäden eingelegt werden. Es ist vor allem die Anwendung scharf profilirter und weicher Ringe, welche elastisch sind, für Dampfleitungsdichtungen empfohlen, weil beim Aneinander-Pressen der Rohrflanschen, die nur auf Kanten aufliegenden dazwischen befindlichen Kupferringe oder deren elastischen Profile zusammengedrückt werden und eben dadurch die absolute Dichtheit ermöglicht wird.

Ein Herausfliegen der Dichtung ist bei Verwendung dieser Ringe eine Unmöglichkeit, das Einlegen und Auswechseln ist jederzeit mit grösster Raschheit ausführbar, da sich die Ringe nicht festklemmen; ebensowenig ist eine Abnützung während des Verbrauches oder eine Formänderung ausser jener, welche durch das Zusammenpressen entsteht, zu besorgen.

Ist eine Dichtung durch die Pressung oder durch dauernde Einwirkung hoher Temperaturen hart geworden, so genügt ein Ausglühen und ein rasches Abkühlen in Wasser, um ihr wieder die erforderliche Weichheit zu geben.

Dies war bei den gelöteten Ringen nicht durchführbar, weil die Lötstellen solche Behandlung nicht vertragen und auseinanderspringen.

Doch muss gegen eine wiederholte Anwendung ausgeglühter und stark gepresster Ringe Einsprache erhoben werden, weil sowol die Form als die Dichtungsfähigkeit durch die starke Pressung leiden. Die grosse Dauerhaftigkeit dieser Ringe wird aber ein häufiges Wechseln ohnedies unnötig machen. Hie und da werden die Kupferringe mit Asbesteinlagen, auch mit Gummi, combinirt. Während erstere bei überhitztem Dampfe gut verwendbar sind, ist die letztere Combination für diesen Zweck durchaus nachteilig.

Zur Anwendung dieser Kupferringe eignen sich am besten glatt bearbeitete, gedrehte Flanschen; haben die Flanschen eingedrehte Rillen, so muss man sich ein Ringprofil aussuchen, dessen Dichtungskanten möglichst in die Rillen passen; sehr gut geht es aber bei

Flanschen, welche Feder und Nutverbindungen besitzen (Eindrehungen) und noch neben den Nuten eine genügende glattgedrehte Dichtungsfläche haben, diese Ringe anzuwenden.

Der innere Durchmesser der Ringe soll 10 bis 20 *mm* grösser sein, als die lichte Rohrweite und ist auf ein gleichmässiges Anziehen der Flanschenschrauben sehr Bedacht zu nehmen.

Ueberdies sollen die Industriellen die seitens der Hersteller dieser Ringdichtungen angegebenen Vorschriften stets beachten.

Bemerkt sei schliesslich noch, dass auch mit natlosen Ringen aus weichem Eisen gute Abdichtungen erreicht werden können.

Flanschen, welche selbst directem Feuer dauernd ausgesetzt waren, sind bei Anwendung von Dichtungen solchen Materiales vollkommen dampfdicht geblieben.

Es ist selbstverständlich, dass die Fortschritte der Technik auch auf dem Gebiete der Dichtungsmaterialien vielleicht schon in nächster Zeit mit Neuem kommen werden, dessen Eigenschaften jene der bisher als gut befundenen noch übertreffen.

Die Ergebnisse der Ueberhitzung ganz wesentlich beeinflussend, sind jene Verhältnisse, welche den Zustand und die Anlage der Rohrleitung betreffen.

Der Zustand derselben wird vor Allem — einerlei für kurze oder lange Leitungen, dem Ingenieur einen Einblick in die technische Führung der betreffenden Fabriksanlage geben; fast könnte eine freie Veränderung eines bekannten Sprichwortes gewagt werden: „Sage mir, wie deine Rohrleitung ist und ich sage dir, was du verstehst.“

Die Anlage der Leitung wird, auch wenn sie unpraktisch und mangelhaft ausgeführt wurde, wol nicht eine so sichere Kritik herausfordern können, als deren äusserer Zustand dies vermag.

Abgesehen von den bereits besprochenen Forderungen an durchaus guten, unbeschädigten Rohrleitungen, welche aus einem, den verwendeten Ueberhitzungstemperaturen und Dampfspannungen entsprechendem Materiale gebaut sein sollen und an dauerhaften Dichtungen, muss noch auf eine möglichste Verminderung der Abkühlungsverluste grösstes Augenmerk gelegt werden.

Die den Dampf fortführenden Leitungen geben Wärme durch Strahlung und durch Leitung ab.

Die geringe Wärmemenge, welche nötig ist, um das Material der Leitungen selbst auf die Höhe der Dampftemperatur zu bringen, kann füglich vernachlässigt werden; nur jene, welche erforderlich ist,

sie in dieser zu erhalten, ist ausschlaggebend für alle Einrichtungen, welche eine Herabminderung dieser Ausgabe an Wärme erstreben.

Es bedarf z. B. 1 Meter Rohrlänge einer gusseisernen Dampfleitung von 100 *mm* lichter Weite, welche Dampf von 8 Atmosphären Ueberdruck von 174° Celsius durch einen Raum von 20° Celsius Temperatur, fortzuleiten hat, rund 512 Calorien (Wärmeeinheiten), um auf die Dampftemperatur erwärmt werden zu können; d. h. es werden pro ein Meter Rohrleitung ca. 0·9 *kg* Dampf condensiren müssen, damit dadurch eine Temperatur von 174° Celsius in der Wandung der Rohrleitung hervorgebracht werde; Rohre aus Schmiedeisen und Kupfer benötigen hiezu bedeutend weniger. Diese einmal aufgewendete Wärmemenge genügt aber nicht, weil sie sofort durch Strahlung und Leitung ihren teilweisen Abzug an die in nächster Nähe befindlichen Körper und an die Luft findet.

Sie muss daher immer wieder ergänzt werden. — Deshalb sollten eigentlich nur solche Körper zur Herstellung von Rohrleitungen für strömenden Dampf Anwendung finden, welche für Leitung und Strahlung von Wärme die geringsten Fähigkeiten besitzen; d. h.: diese Körper oder Combinationen solcher, müssen die möglichst kleinsten Wärmestrahlungs-, bezw. Wärmeleitungscoefficienten aufweisen, um den durch Strahlung und Leitung verursachten Wärmeverlust auf ein Minimum zu bringen. Nach Peclet ist das Wärmestrahlungsvermögen eines Körpers unabhängig von seiner Form, hingegen abhängig von der Beschaffenheit seiner Oberfläche und den Temperaturunterschieden, die zwischen ihm und der Umgebung bestehen.

Blanke Metallflächen haben bedeutend kleinere Strahlungswerte, als rauhe und dunkle: so würde z. B. 1 Meter Gussrohr von 100 *mm* lichte Weite bei 8 Atm. Dampfdruck und 20° Celsius Lufttemperatur stündlich bei 390 Wärmeeinheiten verlieren; ein aus glattem Schweisseisen hergestelltes Rohr nur rund 340, ein gleiches, jedoch mit Zinkblech belegt 30 und ein aus blankem Kupfer erstelltes Rohr nur 19 Wärmeeinheiten durch Strahlung abgeben.

Da aber die ausgedehnte Verwendung von Kupfer zu Leitungszwecken aus bereits dargelegten technischen Gründen und auch aus Gründen der sonstigen bedeutenden Verteuerung unmöglich ist, so werden leider die vielen Vorzüge desselben hinsichtlich der geringen Wärmestrahlung nicht auszunützen sein; es ist daher eine logische Folgerung, dass die für Leitungszwecke tauglich befundenen Materialien

mit Körpern umgeben werden sollen, welche den Strahlungsverlust vermindern. — Das heisst, sie müssen isolirt werden. Der Wärmeverlust durch Strahlung ist ein sehr grosser; er wird aber noch durch den Verlust vermehrt, welcher in der Wärmeleitung seine Ursache findet.

Als von ausschlaggebender Bedeutung ist dabei jener Verlust inbegriffen, welcher durch die Strömung der Luft um die Rohrleitungen verursacht wird.

Die erwärmte Luft steigt aufwärts und an ihre Stelle tritt kältere, welche wieder auf höhere Temperatur gebracht werden muss, — sodann abermals nachströmender Luft Platz macht. — Der dadurch entstehende Wärmeverlust ist unabhängig von der Oberflächenbeschaffenheit der Rohrkörper; seine Grösse ist aber bedingt von der Form und Ausdehnung der Körperoberfläche, von der Strömungsgeschwindigkeit der Luft und des Dampfes und den herrschenden Temperaturunterschieden. — Er wird daher bei gleicher Form der Körper, z. B. bei Dampfröhren, unabhängig vom Materiale sein, aus welchen diese hergestellt sind. — So würde 1 Meter des vorhin als Beispiel angenommenen Leitungsrohres von 100 *mm* lichter Weite, einerlei aus welchem Materiale es verfertigt ist, durch Leitung stündlich ca. 522 Calorien an die Luft abgeben.

Aus dem Gesagten ist also ersichtlich, dass bei höheren Dampfspannungen oder bei Ueberhitzungen die Verluste aus Strahlung und Leitung weit grössere sein werden, als bei niederen Spannungen und nassem Dampf, denn sie nehmen mit der Temperaturdifferenz zwischen Dampfrohrleitung und Umgebung zu.

Jeder Wärmeverlust, bezw. jede Wärmeabgabe bedingt eine Condensation des Dampfes in den Rohrleitungen; deren Verminderung wird eben durch die Isolation letzterer erstrebt.

Der Zweck aller bis nun gebräuchlichen Isolationsmittel ist also der, die durch Wärmestrahlung und durch Strömung der Luft verloren gehende Wärme auf ein Minimum zu reduciren; zu diesem combinirten Zwecke eignen sich nun verschiedene Körper und Compositionen.

Die Verwendung überhitzten Dampfes ins Auge fassend, müssen wir aber Isolationsmassen verlangen, welche einerseits durch ein geringes Wärmeleitungsvermögen die Wärmeabgabe an berührende Körper und an die Luft erschweren, anderseits aber durch die hohen Dampftemperaturen nicht zerstört werden.

Ganz besonders muss da auf die Gefahr der Entzündung aufmerksam gemacht werden; die Erfahrung hat bestätigt, dass schon öfters zerstörende Fabriksbrände auf die Selbstentzündung von Rohrisolirmassen in Folge hoher Dampftemperaturen zurückgeführt werden konnten. Deshalb werden Isolirmassen, welche ausschliesslich aus Holz oder Kork — aus Baumwolle, Filz, Torf, Seide oder deren verschiedenen Zusammensetzungen mit anderen organischen Körpern z. B. Stroh, Haaren u. s. w. bestehen, für Dampfleitungen, welche überhitzten Dampf hoher Temperatur befördern, zu vermeiden sein.

Nur bei niederen Dampftemperatursgraden, welche auf alle Fälle 200° Celsius nicht erreichen, werden sie je nach ihrer Feuersicherheit allein oder in Verbindung mit anderen Stoffen Verwendung finden können.

Man wird aber gut thun, auch bei Dampfspannungen über 8 Atm. also bei Temperaturen über 170 bis 180° Celsius nur feuerfeste Isolirungen, beziehungsweise feuerfeste Grundschichten anzuwenden.

Unter den hiefür empfohlenen Isolirmassen muss wieder jenen der Vorzug gegeben werden, welche als Grundstoff „Asbest" haben.

Als zu diesem Zwecke geeignet wird amerikanischer langfaseriger Asbest bezeichnet.

Derselbe wird wie alle derartigen Massen feucht und plastisch auf die mässig erwärmten Rohre aufgetragen; die Dicke der Schichte hängt von der Temperatur des Dampfes und dem Durchmesser der Leitung ab; durchschnittlich wird eine Asbestschichte von 15 bis 25 *mm* genügen, um welche eine mindestens gleiche, besser eine stärkere Schichte von Kieselguhrmasse oder von Compositionen derselben mit anderen Stoffen aufgetragen kommt. — In wie weit nun als solche Bedeckungsschichte die bis nun sich als sehr gute Isolirmaterialien bewährten Seidenabfälle, Korksteine u. dgl. eignen, müssen die Erfahrung und Versuche der Fabrikanten dieser Massen ergeben.

Auf alle Fälle hat sich der Industrielle genügende Garantieen bezüglich der Feuersicherheit zu verschaffen. Hier sei bemerkt, dass mit der in Folge Länge der Leitungen eventuell abnehmenden Dampftemperaturen wol die Asbestschichte, nicht aber die Isolationsschichte verringert werden darf.

Eine neue Isolirungsart ist jene, welche von Dr. Russner-Chemnitz (Verbands-Zeitschrift der Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine) empfohlen wird und die bis nun gute Resultate gezeigt hat.

Da die Hauptwärmeverluste durch die Ausstrahlung erfolgen, und diese bei glänzenden, hellen metallischen Flächen bedeutend geringer, als bei rauhen und dunklen ist, werden die Dampfrohre mit einem Mantel von Weiss- oder Zinkblech versehen; die Strahlung erscheint bei einer Entfernung des Mantels vom Rohrumfange von ca. 15 *mm* ausserordentlich vermindert und Dr. Russner berichtet, dass ein Mantel aus Weiss- oder Zinkblech allein schon ein mindestens ebensogutes Resultat erzielen lasse, als die Einhüllung der Rohre mit den best bekannten Isolirmassen, welche aus Kieselguhr, Kork etc. bestehen.

Zwei concentrische Mäntel werden aber den bisher als beste bekannten Ergebnissen, welche durch Seidenabfälle erreicht wurden, vollkommen gleichwertig sein, besonders dann, wenn auf dem ersten (äusseren) Mantel eine 15 *mm* dicke Filzschichte gegeben wird; dann verringern sich die Condensationsverluste bis um 93 Procente, während bei Anwendung plastischer Wärmeschutzmassen eine Ersparnis von nur 70 bis höchstens 80% erzielbar war. — Ueber diesen Filzmantel bringt man noch eine Hülle von Weiss- oder Zinkblech an, um ihn vor äusseren Einwirkungen zu schützen.

Die Verbreitung dieser neuen Isolirungsart verdient in Folge der grossen Vorteile, welche diese gerade bei überhitztem Dampfe verspricht, unterstützt zu werden, und zwar schon deshalb, weil sie auch billiger ist, als die bisherige.

Sie ist vollkommen feuersicher, leicht anbringbar, lässt die Bedeckung der Flanschen durch Kapseln zu, ermöglicht eine leichte Zugänglichkeit, ist widerstandsfähig, unabhängig von Feuchtigkeit u. s. w.

Es ist zu hoffen, dass die häufigeren Ausführungen dieser Isolirung die Vorteile bestätigen, welche bis jetzt bekannt geworden sind.

Hier muss noch auf einen weiteren Umstand aufmerksam gemacht werden, welcher bei langen Rohrleitungen zu beachten ist. — Je mehr Isolirmassen die Dampfrohre umgeben, desto mehr Wärme ist (bei dem meist täglich während der Nachtstunden unterbrochenem Betriebe) erforderlich, um die Temperatur dieser Isolirhülle so hoch hinaufzubringen, dass deren Wärmezustand in einer gewissen Beharrung verbleibt.

Bei langen Rohrleitungen wird das schon ein bedeutendes Quantum erfordern und die Klagen der Industriellen, dass sie oft $^1/_2$ Stunde nur Dampf zum „Anwärmen" benötigen, sind genug bekannt und berechtigt; aber die dafür verbrauchte Dampfmenge ist

noch immer geringer, als jene, welche in Folge „mangelhafter“ Isolirung verloren geht.

Bei der Blechisolirung mit einem oder zwei concentrischen Mänteln, ist der zur „Anwärmung“ nötige Wärmebedarf bedeutend geringer, als bei Isolirung mit den verschiedenen dicht am Rohre aufgetragenen Massen und zwar schon deshalb, weil das Gewicht dieser Umhüllung jenes der Blechisolirung bedeutend übertrifft, daher mehr Wärmemenge zur Anwärmung nötig wird, als bei letzterer.

Bezüglich der Temperaturverluste, welche bei Führung überhitzten Dampfes in Rohrleitungen eintreten, kann Folgendes als richtig angenommen werden.

Die Erfahrung zeigt, dass bei sehr guter Isolirung und günstigen Anlageverhältnissen, zu welchen zu zählen sind: Führung der Dampfleitung durch trockene geschlossene Räume mit geringer Luftbewegung, dass ferner bei nicht zu weiten Rohrquerschnitten und nicht zu langen Leitungen pro 1 Meter Rohrleitung $^1/_2$ bis $^3/_4{}^0$ Celsius von der Ueberhitzungstemperatur verloren gehen; diese Werte dürfen derzeit als ein Minimum der Temperaturverluste angesehen werden.

Mit der ungünstigen Veränderung der Anlageverhältnisse, steigt dieser Verlust ganz wesentlich; er nimmt also, auch „gute Isolirung“ vorausgesetzt, stets mit der Länge der Rohrleitung und mit der Ungunst der örtlichen Lage derselben zu.

Setzen daher diese Anlageverhältnisse eine mögliche stärkere Abkühlung voraus, so hat man diesem Umstande in doppelter Hinsicht Rechnung zu tragen.

Und zwar erstens dadurch, dass man die Isolirung verbessert, also die Wärmeverluste in der Führung des Dampfes vom Ueberhitzer bis zum Ort seines Verbrauches möglichst vermindert, zweitens dadurch, dass man, von der erforderlichen Verwendungstemperatur ausgehend, die Anfangstemperatur des Dampfes, also den Grad der Ueberhitzung vorschreibt, hiebei alle etwaigen Verluste bereits einrechnend.

Verliesse z. B. der überhitzte Dampf den Ueberhitzer mit einer Temperatur von 275^0 Cels. und verliere derselbe bei einer Leitungslänge von 30 Meter pro 1 Meter $^3/_4{}^0$ Cels., so wird er am Orte seiner Verwendung ungefähr mit 253^0 Cels. anlangen. Wäre aber eine höhere Temperatur wünschenswert, so hat man zu trachten, dass die Anfangstemperatur des Dampfes 275^0 wesentlich überschreite.

Diese Steigerung der Ueberhitzung ist bei reichlich gewählter Ueberhitzfläche und nicht zu starker Forcirung des Kessels — also bei mässig feuchtem Dampfe gut möglich, weshalb man bei Bestimmung der Grösse der Ueberhitzerfläche, wie bereits auf Seite 64—68 bemerkt, auch auf die besonderen Anlageverhältnisse volle Rücksicht zu nehmen hat, zu welchen die Ausdehnung, die Lage und die Beschaffenheit der Dampfrohrleitungen zu zählen sein wird.

Müssen Rohrleitungen, welche überhitzten Dampf befördern, über freie Hofräume geführt werden, so sollen sie, ausser bester Isolirung, welche auch durch Einhüllen der Flanschen zu vervollständigen ist, mit einfacher, besser mit doppelter Holzverschalung umgeben werden und ist der Zwischenraum dieser beiden Verschalungen mit trockener Asche auszufüllen. Sorgfältige Versuche haben nämlich erwiesen, dass der Verlust durch Wärmeleitung, also durch mit Asche oder Sägespäne ausgefüllte Zwischenräume ein geringerer ist, als jener durch Strahlung, wobei eben der Raum zwischen 2 Wänden durch Luft erfüllt vorausgesetzt wird; aus diesem Grunde erscheint es auch vorteilhafter, die sogenannten isolirenden Luftschichten im Kesselmauerwerk mit besonders schlechten Wärme leitern auszufüllen.

Zu diesen gehören trockene Asche und ebensolcher Torf.

Nicht unberücksichtigt darf die Ausdehnung der Rohre werden, welche ja beim Einströmen von Dampf fast augenblicklich erfolgt und einen umso grösseren Wert erreichen muss, je höher eben die Dampftemperatur ist. — Sie ist aber auch vom Materiale abhängig, aus welchem die Rohre hergestellt werden.

Sei z. B. eine Dampfleitung 20 Meter lang; deren Temperatur betrage bei nassem Dampf von 8 Atm. Ueberdruck 174° Cels., bei überhitztem Dampfe jedoch 280° Celsius und deren Temperatur in kaltem Zustande sei 10° C., so wird sich diese Rohrleitung, wenn sie aus Gusseisen hergestellt ist, bei nassem Dampfe um 36 *mm*, bei überhitztem Dampfe um 60 *mm*, der Länge nach ausdehnen. — Dieselbe Leitung aus Schmiedeisen erstellt, wird jedoch eine Verlängerung um 39, beziehungsweise 64 *mm* erfahren. — Bei langen Dampfleitungen wird man daher, wenn die praktische Anlage eben eine anderweitige Unschädlichmachung dieser Längenveränderung nicht bewirken kann, Compensatoren anwenden müssen.

Als solche werden Rohrschlingen, Linsen und Stopfbüchsencompensatoren empfohlen; von der Verwendung von Kupfer zu solchen Compensatoren wird man aber aus bereits an-

gegebenen Gründen absehen müssen. Sehr wichtig ist es auch, dass die Lagerung der Rohrleitung der Bewegung durch die Ausdehnung nicht hinderlich werde; werden einzelne Punkte derselben festgelegt und hiedurch bewirkt, dass der Schub sich nur nach einer bestimmten Richtung äussert, so hat man auch weiters Sorge zu tragen, dass die übrigen Teile der Leitung durch Rollen oder Schlingenlagerung dieser Bewegung keinerlei Hindernisse bieten. Fehlerhafte Ausführungen führen zu beständigen Undichtheiten, zu unmässigem Anziehen der Flanschenschrauben und nicht selten zum Abreissen dieser oder zu Brüchen von Rohrflanschen selbst.

Als Organe jeder Dampfleitung, welche die Einströmung des Dampfes in dieselbe und dessen Ausströmung in die Dampfmaschinen und Apparate bewirken, dienen die Dampf-Einlass- bezw. Auslassventile.

Bei Einführung überhitzten Dampfes in die Betriebe müssen auch an diese Organe verschiedene Bedingungen gestellt werden, von deren vollkommenen Erfüllung, wie bei anderen Teilen der betreffenden Einrichtungen, der Erfolg mitunter stark beeinflusst wird.

Ebenso wie bei den Rohrleitungen muss daher vorerst dem Materiale, aus welchem diese Ventile erstellt werden, volle Beachtung gewidmet werden.

In jüngster Zeit werden in Tagblättern und technischen Zeitschriften häufig Unfälle in Dampfbetrieben gemeldet, deren Ursachen in Brüchen von gusseisernen Ventilkörpern, Wasserstandsköpfen u. dgl. Bestandteilen zu suchen gewesen sind. In Erwägung des Umstandes, dass die Anwendung hoher Spannungen und Ueberhitzungen sicherlich an die Festigkeit der Wandungen der Ventilkörper weit erhöhtere Forderungen stellen, muss es um so mehr geboten sein, den Industriellen auf eine sorgfältige Auswahl des Materiales dieser Dampfleitungsorgane aufmerksam zu machen.

Als Ursachen des Berstens derselben werden neueren Erfahrungen zufolge angegeben:

1. Gussfehler. Ungleiche und oft zu geringe Wandstärken. (Versetzen oder Verdrücken der Sandkerne in der Giesserei.)

2. Mangelhafte Construction (scharfe Ecken, Hohlkehlen mit zu geringem Radius, geringe Wandstärken, schwache Flanschen, zu kleine Griffräder, welche den Arbeiter verleiten, durch Anbringung von Schraubenschlüsseln den Hebelarm zu verlängern, Nicht-Anwendung entlasteter Ventile bei hohen Spannungen etc.);

3. Fehlerhafte Anlage derselben (unmögliche oder unvollständige Ableitung von aus den Leitungen zurückfliessendem Condenswasser.)

4. Unverständige Bedienung. (Plötzliches volles Oeffnen bei hohem Dampfdrucke und Nichtverhütung von Wasserschlägen bei vorhandenem Condenswasser.)

In der Mehrzahl der Fälle sind eben die Wasserschläge als Hauptursache der Explosionen von Dampfventilkörpern und Leitungen erkannt worden. Deshalb ist bei Anlage von Dampfventilen und insbesondere bei solchen grösserer Lichtweiten, auf die gute Ableitung der Condenswässer zu achten. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass Gusskörper complicirter Form in ihren Wandungen mitunter ganz gewaltige Spannungen einschliessen, welche jahrelang auch bei fortwährendem Gebrauche und hoher Inanspruchnahme nicht frei geworden sind, hingegen durch eine plötzliche stossartige Erschütterung, wie solche bei Wasserschlägen eintritt, entfesselt werden.

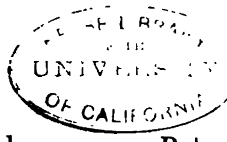
Ist nun der der Dampfleitung zugewendete Teil des Ventilinnern mit Condenswasser erfüllt und tritt nach Oeffnung des Ventiles Dampf in dasselbe ein, so condensirt er teilweise und ruft hiedurch diese gewaltigen Schläge hervor, welche so oft zur Zertrümmerung der Gefäss- und der Leitungswände führen.

Der Industrielle wird daher an die Verfertiger von grösseren Dampfventilen die Forderung stellen müssen, dass sie sowol besten fehlerfreien Guss, als auch tadellose Construction garantiren müssen, dass sie ferner genaue Angaben über die praktische beste Anlage und Bedienung ihrer Ventile zu machen haben, bei deren Befolgung der Eintritt der gefürchteten Wasserschläge hintangehalten werden kann.

Der Industrielle soll gleichwol den Einbau von selbstthätig wirkenden Rohrbruchventilen erwägen, welche den Umfang des durch einen Ventil- oder Rohrbruch entstehenden Unheiles, in Folge automatischen Dampfabschlusses, in vielen Fällen vermindern können.

Man verlange aber unbedingt verstärkte Ventilkörper und stelle sich keinesfalls mit den zweifelhaften Versicherungen so vieler Agenten zufrieden, dass die Ventilkörper aus besonders legirtem Gusseisen hergestellt sind.

Die Ventilsitze und Kegel sollen aus zinkfreiem Rotguss bestehen, die Kegel sollen bei Ventilen von 100 *mm* lichter Weite keine Flügelführung, sondern eine centrale Stiftführung besitzen; die Deckel der Ventilkörper dürfen nicht mit Stiftschrauben, sondern mit Durchsteckschrauben befestigt werden.



Bis 80 *mm* l. W. werden die Ventilkörper auch ganz aus Rotguss und verwandten Metalllegirungen hergestellt, deren Festigkeit jene des Gusseisens ganz wesentlich übersteigt.

Bei grösseren Durchgangsweiten ist bis nun ein vollkommener und preisgleicher Ersatz der Gusseisenventile noch nicht gefunden worden, obwol schon wiederholte Versuche mit Ventilkörpern aus genieteten Flusseisenblechen und aus Stahlguss gemacht worden sind.

Der Industrielle wird ferner darauf dringen müssen, dass alle jene Teile, welche grösseren Inanspruchnahmen ausgesetzt sind, wie die Spindeln, Stopfbüchsen, Brücken u. s. w. aus Rotguss beziehungsweise Schmiedeisen hergestellt werden müssen. Die Ventildeckel sollen bei hohen Spannungen in die Unterteile durch Ansätze und eingedrehte Nuten dicht passend, eventuell eingeschliffen, ausgeführt sein.

Die für gewöhnliche Dampfbeschaffenheit übliche Ausführung mit glatt gedrehten oder mit Rillen versehenen Flächen, zwischen welchen in Oel getränkte Papierscheiben gelegt werden, taugen für überhitzten Dampf gar nicht; hier werden wieder die hitzebeständigen Asbest- und Metalldichtungen am Platz sein. Andere Dichtungen verbrennen sofort und verursachen bedeutende und lästige Dampfverluste.

Die Ventil-Stopfbüchsen müssen gleichfalls mit einem Dichtungsmateriale erfüllt sein, welches die hohen Temperaturen dauernd aushält; hiezu eignen sich sowol Asbestschnüre als auch Metallpackungen (Metallwolle oder Metallringe) und wird deren Anwendung später ausführlicher behandelt werden.

Was die Abdichtung und die Beschaffenheit der Ventilsitze betrifft, werde Folgendes erörtert.

Es hat sich wiederholt ereignet, dass bei hohen Ueberhitzungstemperaturen die ringförmigen Ventilsitze, die ja auch wie die Kegel selbst oft aus Rotguss hergestellt werden, sich aus ihrem Gusseisenmantel herausgeschoben haben, und dadurch mangelhaftes Functioniren der Ventile verursachten. — Man fand sie sogar vollkommen quer im Ventilkörper liegen, so jeden Abschluss verhindernd.

Um diesem Aufsteigen vorzubeugen, welches auf die verschiedenartige Ausdehnung des Gusseisens resp. Metalles bei hohen Temperaturen zurückzuführen ist, wird der untere vorstehende Teil des Ventilsitz-Ringes etwas umgebördelt (durch Dorne, Walzen etc.) oder man führt die centrale Stiftführung ein.

Neuestens kommen Ventile in Verwendung, deren Sitzflächenabdichtung durch einen natlosen Kupferring von kreisrundem Quer-

schnitte erzielt wird; der Ventilsitzring ist konisch ausgedreht und der Ventilkegelkörper wird mit einem Ringe aus weichem, natlosem Kupfer armirt; beim Schliessen des Ventiles, also beim Abwärtsgehen der Spindel presst sich der äusserste Teil des Kupferringes an die glattgedrehte konische innere Fläche des Sitzkörpers und verursacht so den dampfdichten Abschluss. — Das Nachschleifen entfällt vollkommen; etwaige Mängel können sofort leicht behoben werden; der Ersatz der Kupferringe ist in wenigen Minuten durchführbar, ohne dass die Ventile aus der Rohrleitung herausgenommen werden müssten.

Die bisherigen, günstigen Erfahrungen lassen die zunehmende Verbreitung dieser Construction und deren besondere Anwendung bei Dampf hoher Spannung und hoher Ueberhitzung als sehr wünschenswert erscheinen.

Als ergänzende Einrichtung moderner Dampfbetriebsanlagen ist der Dampfverteiler zu betrachten; dieser wurde bisher zumeist aus Gusseisen hergestellt; bei hohen Spannungen und hohen Dampftemperaturen empfiehlt sich die Vermeidung des Gusseisens und die Anwendung genieteter Blechbehälter mit nach innen oder nach aussen gewölbten Böden und angenieteten schmiedeisernen Stutzen.

3. Veränderungen und Einrichtungen, die an den Cylindern der Dampfmaschinen notwendig werden.

Die Einführung überhitzten Dampfes in die Dampfcylinder bedingt eine bedeutend sorgfältigere und aufmerksamere Behandlung, bezw. Bedienung der Betriebsmaschinen.

Schon die Ausrüstung einzelner Teile des Cylinders verlangt Aenderungen, durch deren Nichtausführung einerseits der Erfolg zweifelhaft, anderseits aber der gute Bestand der Maschinen direct riskirt würde.

Zur Erklärung dieser Forderung bedarf es der Kenntniss, welche Teile der Maschine im Allgemeinen einer nachteiligen Wirkung des überhitzten Dampfes ausgesetzt sind und worin diese Wirkung besteht.

Der überhitzte Dampf kann naturgemäss nur durch den Einfluss der in ihm liegenden hohen Temperatur nachteilig einwirken.

Nasser Dampf, wie solcher bisher durch das Einlassventil in die Steuerungsorgane der Dampfcylinder eintrat, führt einerseits, relativ genommen, ziemlich viel Wasser mit sich, anderseits aber besitzt er weit niedere Temperaturen, als überhitzter Dampf. Der erste Umstand, die Mitführung von Wasser, welches durch Zwischen-

condensationen auf dem Wege vom Dampfeintritt bis zum Auspuff, bezw. der Ausströmung in den Condensator in seiner Menge noch wesentlich erhöht wird, unterstützt die Arbeit der Maschine insoferne, als sich die Reibung der gleitenden Flächen hiedurch bedeutend vermindert.

Das sind also: die Reibungsarbeiten zwischen den Kolbenringen und den Cylinderwandungen, in den Stopfbüchsen zwischen den Kolben- und Schieber-Führungsstangen und der Packung und weiters in den Steuerungsteilen selbst. Bei Schiebermaschinen sind daher noch hinzukommend: die Reibungen am ebenen oder runden Schieberspiegel und zwischen den eventuell aufeinandergleitenden Verteilungs- und Expansionsschiebern; bei Corlissmaschinen und ähnlichen Systemen die Reibung der oscillirenden Drehschieber, sowie die Reibung in jenen Stopfbüchsen, welche die Dichtheit der die Steuerungsorgane bewegenden Constructionsteile in den Wandungen herzustellen haben.

Bei Ventilmaschinen entfällt ein grosser Teil dieser Reibungsarbeiten.

Zur Verminderung der Reibung werden nun den Maschinen Oele zugeführt, welche in der Schmierung vom Wasser des Dampfes unterstützt werden und die Leergangsarbeit der Maschine im Cylinder bedeutend herabsetzen. Ueberhitzter Dampf enthält nun kein Wasser und es wird auch bei allfälliger späterer Condensation noch viel zu wenig Wasser vorhanden sein, von dem man eine ausgiebige Mit-Schmierung erwarten könnte.

Während man eben vom nassen Dampfe sagen kann „er schmiert mit“, muss man dem überhitzten Dampfe die ungünstige Eigenschaft zuschreiben, dass er von der Schmierung zehrt.

Und zwar deshalb, weil er in Folge seiner hohen Temperatur Oele, welche durch die Einwirkung derselben angegriffen werden, zerstört und deren Schmierfähigkeit aufhebt. — Nasser Dampf hingegen hilft an der Schmierung mit und spart sogar am Oelconsum.

Wird nun ein bewegter Maschinenteil an den Stellen, an welchen er einem Reibungswiderstande ausgesetzt ist, mangelhaft geschmiert, so setzt sich die erhöhte Reibungsarbeit zum Teil in Wärme um und der betreffende Teil läuft heiss.

Dadurch wird seine Festigkeit bedeutend vermindert, weil allzuhohe Temperaturgrade bei allen Materialien einen, wenn auch in verschiedenem Grade wachsenden ungünstigen Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften erweisen; dies kann daher zu Brüchen führen.

Weiters wird aber auch die Oberfläche der gleitenden Teile verändert; es lösen sich kleinste Teilchen los, werden mitgerissen und in den weicheren Teil eingedrückt — die gleitenden Flächen werden uneben, rissig — der Widerstand erhöht sich, die Temperatur wächst mitunter sogar bis zum Schmelzpunkte von Metalllegirungen, durch die Wärme dehnen sich die Körper aus, die Maschine fängt an zu schnarren und zu brummen und sitzt oft schon nach einigen wenigen Umdrehungen festgebrannt still! — Man ist daher genötigt, um solche Ereignisse, welche bedeutende Beschädigungen der Maschine verursachen können, zu verhüten, bei überhitztem Dampfe solche Schmiermaterialien zu verwenden, welche die hohen Dampftemperaturen noch gut aushalten, ohne ihre Schmierfähigkeit einzubüssen.

Gewöhnliche Schmieröle werden noch gut die Temperaturen hoher Dampfspannungen bestehen; sobald aber diese den Siedepunkt der Oele erreichen oder übersteigen, werden letztere zu verdampfen beginnen, können daher nicht mehr ihre volle Wirkung auf die gleitenden Maschinenteile äussern. Erreicht nun die Ueberhitzung sehr hohe Grade, so werden entweder die Oeldämpfe direct zur Entzündung kommen können, oder aber sie werden, wie es bei Oelen organischen Ursprunges eintritt, zersetzt.

Nachstehende Tabelle gibt die Entzündungstemperaturen der Oeldämpfe und Brennpunkt (Entflammung) von diversen Mineral-Oelen an:

Oelgattung u. Marke	Entzündungstemperatur der Dämpfe Cels.	Dauerndes Brennen beziehungsweise Entflammungspunkt des flüssigen Oeles	Anmerkung
Schibaeff Ragosine	185—186°	198—205°	Russisch. Mineralöl
Baku Cylinder-Oel C. C.	220°	240	„
Baku Maschinen-Oel A. A.	180°	200	„
Maschinen-Oel R[1]	200°	238°	„
Cylinder-Oel D	280°	320°	amerik. Mineralöl
Cylinder-Oel H	—	333°	„
Helles Maschinen-Oel A[3]	180°	200°	„
Star-Cylinder-Oel	300°	340°	„
Valvoline Cylinder-Oel A. A.	340°	360—368°	Beginn der Verdampfung bei 288° C.
Valvoline Maschinen-Oel A. A.	—	270°	Beginn der Verdampfung bei 223° C.
Hypertermoline	—	350°	Beg. d. Verdampfung bei 300—320° Cels.

Da Dampf von 14 Atmosphären Ueberdruck eine Temperatur von 197° C., solcher von 20 Atm. erst 213° Celsius erreicht, so würde für unsere gewöhnlichen Dampfspannungen bereits ein Oel vollkommen genügen, dessen Entzündungstemperatur sich nicht unter 200° Celsius befindet. — Ueberhitzter Dampf tritt aber mit Temperaturen von 230° bis 350° Celsius in den Dampfcylinder, weshalb für so hohe Temperaturen nur hochsiedende, spät verdampfende Mineralöle anzuwenden sind.

Hier werde bemerkt, dass die Oele organischer Natur, insbesondere die gerne gebrauchten Pflanzenöle (Oliven), hiefür absolut unverwendbar sind und zwar deshalb, weil sie sich bei Vorhandensein von Wasserdampf bei hohen Temperaturen und hohem Druck zersetzen. — Es trennen sich die in demselben befindlichen Fettsäuren vom Glycerin; erstere greifen aber die Metalle an, zerstören deren Oberfläche und erhöhen hiedurch schon die Reibungsarbeit. — Dieser Uebelstand fällt bei den hochsiedenden Mineralölen vollkommen weg; auch wird der früher erwähnte Verdampfungsverlust sehr klein, wenn man eben Oele wählt, bei denen die Dampfbildung erst sehr langsam und in geringer Menge bei Temperaturen beginnt, die 270° Celsius übersteigen.

Je höher die Temperatur des überhitzten Dampfes ist, umso höher muss die Temperatur beginnender Verdampfung des Oeles liegen.

Der Industrielle verlange daher unbedingt nur mineralische Schmieröle, welche reine Kohlenwasserstoffe sind; keinerlei Beimischungen besitzen, sich als frei von Rückständen und mechanischen Verunreinigungen erweisen, hohe Siedepunkte, hohe Verdampfungs- und Entzündungstemperaturen mit ausgiebiger Schmierfähigkeit verbinden.

Er beachte weniger den Preis dieser Oele, welche im Einheitswert wesentlich theurer, als die bis nun gerne verwendeten „Fette Oele“ thierischer und pflanzlicher Herkunft sind; er begnüge sich jedoch auch nicht mit billigeren Sorten leicht flüchtiger Mineralöle, weil er den Bestand seiner Maschine dabei riskirt.

Je höhere Anforderungen man an irgend einen Constructionsteil der Maschine stellt, desto sorgfältiger muss derselbe constructiv und im Betriebe behandelt werden.

Bei überhitztem Dampfe wird aber auch eine weit ausgiebigere Schmierung als bei nassem Dampfe verlangt; neuere Erfahrungen lassen z. B. die Verdoppelung der Schmiergefässe auf den Cylindern grosser Maschinen als notwendig erscheinen.

Daraus darf jedoch nicht gefolgert werden, dass auch der Oelverbrauch sich nach Einführung überhitzten Dampfes verdoppeln müsse; meist wird der Quantität nach nur wenig mehr, manchmal sogar weniger geschmiert werden müssen, wenn eben die Qualität des Oeles eine entsprechende ist.

Eine aufmerksame Bedienung wird nach wenigen Wochen sehr gut die Bedürfnisse der Maschinen beobachtet haben, weshalb allgemeine Regeln nicht aufgestellt werden können.

Nun werden aber nicht nur Cylinder und die Steuerungsorgane der Bedienung mit solchen Oelen bedürfen, sondern auch die Stopfbüchsen der Kolbenstange, der Führungsstangen von Flach- und Drehschiebern u. s. w. werden mit demselben Materiale eingefettet werden müssen.

Die Dichtungsmaterialien der Stopfbüchsen bedürfen jedoch einer nicht minderen Beachtung, als die Schmieröle selbst, weil sie ja ebenfalls aus Körpern bestehen sollen, welche in Anbetracht der hohen Dampftemperaturen unzerstörbar bleiben müssen.

Während daher bei nassem Dampfe allerhand Jute, Hanfpräparate, Baumwolle und Seidenzöpfe, welche mit Paraffin, Unschlitt, Talg etc. getränkt, oder mit Gummikernen combinirt sind, sich ganz gut eignen, müssen alle solche Materialien und deren Combinationen, als für überhitzten Dampf unverwendbar bezeichnet werden.

Der Industrielle setzt sich sonst dem aus, dass nach ganz kurzer Zeit diese Packungen zerstört werden und förmlich verbrennen; aus den Stopfbüchsen schlagen dichte Rauchwolken heraus, die Temperatur der Stangen erhöht sich derart, dass auch beste Oele nichts mehr helfen, der Dampf zischt in solchen Mengen aus den Undichtheiten heraus, dass der Maschinist aus Gefahr des Verbrühens gar nicht wagen kann, die Stopfbüchsenschrauben nachzuziehen — die Maschine muss abgestellt und neu verpackt werden.

Zur Dichtung dieser Teile müssen daher die gleichen Materialien wie bei Rohrflanschen zur Anwendung kommen; das sind also reine Asbestpräparate und metallische Dichtungen.

Combinationen von Asbest mit Baumwolle können hie und da wol noch verwendet werden, keineswegs jedoch solche mit Kautschuk (Gummi) oder scheinbare Verbesserungen derselben mit Talgbeimischungen. — Am besten sind solche aus purem, langfaserigem Asbest bestehenden Dichtungsmaterialien (Zöpfe, Schnüre).

Man nehme jedoch nur beste Qualität, weil durch das häufigere Ersetzen doch Betriebsstörungen eintreten können, welchen Dampfverluste durch Undichtheiten der Stopfbüchsen vorangehen.

Entschiedenen Vorzug verdienen jedoch die Metallpackungen, von welchen bereits verschiedene gleich bewährte Ausführungen bekannt geworden sind; angeführt werden hier nur folgende zwei.

Die Meyer'sche Metallpackung besteht aus flachen Hohlringen, welche aus einer Blei-Antimon-Metalllegirung erstellt sind und übereinander gelegt werden; zwischen den einzelnen Hohlringhälften werden ca 1 *mm* starke Asbestplatten gelegt. Diese Packung besteht also aus mehreren Einzeldichtungen, wodurch das Anziehen sehr erleichtert wird.

Sie kann ohne Constructionsänderungen überall angewendet werden, wo bisher Hanfverpackungen genommen wurden.

Es kann immer wieder ein neuer Ring aufgelegt werden, wenn durch wiederholtes Anziehen der Muttern die Brille der Büchse bereits tief eingepresst wurde. Das Auswechseln geschieht ohne Schwierigkeit; die Haltbarkeit dieser Packung soll, continuirlichen Betrieb vorausgesetzt, durchschnittlich 1 Jahr betragen; sie ist bei Locomotiven als sehr bewährt gefunden worden.

Eine weitere Metallpackung, welche sehr gute Ergebnisse ausweist, ist jene von Howaldt.

Bei derselben sind die Dichtungskörper Metallringe mit dreieckigem Querschnitte, welche derart übereinander angeordnet werden, dass je ein Ring sich mit einer seiner Flächen an die Kolbenstange, der andere Ring aber an die Stoffbüchsenwand anpresst. Hiedurch wird auf beiden Seiten eine vorzügliche Abdichtung ermöglicht.

Die Stopfbüchsen brauchen in vielen Fällen keine constructive Veränderung; manchmal ereignet es sich aber, dass sie etwas kurz vorgesehen sind — ein Umstand, dem allerdings nicht gut abgeholfen werden kann.

Die Ringe sind geteilt, so dass sie ohne Demontirung der Kolbenstange leicht ausgewechselt werden können. Als oberste Abdeckung kommt eine elastische Liderungsschnur, die bei überhitztem Dampfe aus Asbest bestehen soll.

Diese Packung ist best bewährt; schon im Jahre 1889 berichtet Reuleaux, dass dieselbe mehrere Jahre ohne Auswechslung allen Anforderungen Stand gehalten habe; die Erfahrung hat diese Angabe vollständig bestätigt.

Neuerdings wird die Abdichtung mit Metallwolle sehr empfohlen.

Aus einer eigenen spät schmelzenden weichen Metallcomposition hergestellte Metallfäden werden in Form zusammengedrehter Strähne wie Jute, Hanf, Baumwolle — etwas eingefettet, in die Stopfbüchsen eingelegt und dann nach Auflage eines Hanf- oder Baumwollringes, welcher jedoch nur zum Aufsaugen des Fettes (Oeles) dient, fest durch die Stopfbüchsenbrille angepresst; die weichen Metallfäden schmiegen sich an den glatten Körper der Stangen weit besser an, als die in kürzester Zeit hart werdenden und halb verkohlenden hornartig werdenden Fasern der pflanzlichen Dichtungsmaterialien.

Die Metallwolle greift die Stangen nicht an und gestattet auch ein sehr starkes Anziehen der Muttern, ohne dass eine bedeutendere Vermehrung der Reibungsarbeit eintreten würde. — Es wird angegeben, dass die einmalige Packung mindestens ein Jahr, wahrscheinlich aber länger keiner Auswechslung bedürfe.

Dieses Packungsmittel hat auch die rühmenswerte Eigenschaft, dass dessen Anwendung keine Umänderung der Stoffbüchsenconstruction bedingt — dass es also überall im Stande ist, die bisherigen vegetabilischen Packungs-Materialien vollkommen zu ersetzen.

Es ist nicht zu zweifeln, dass noch andere Systeme und Gattungen von Metalldichtungen in Stopfbüchsen, als die bisher beschriebenen, den Anforderungen des Betriebes mit überhitztem Dampfe vollkommen zu entsprechen vermögen; es dürfte aber zur allgemeinen Verbildlichung der Constructionsprincipien die Anführung der vorerwähnten wol genügen.

Hinzugefügt werde noch, dass alle Metall-Stopfbüchsen-Packungen einer constanten und guten Schmierung bedürfen.

Als Constructionsteil der Dampfmaschine, welcher von der hohen Dampftemperatur noch teilweise beeinflusst werden kann, wäre noch der Kreuzkopfzapfen zu nennen, weil derselbe mit der auf sehr hohe Temperatur gebrachten Kolbenstange in beständigem Verbande ist. — Aber da wird es auf alle Fälle genügen, wenn zur Schmierung dieses Teiles auch bestes Cylinderöl genommen wird; meistens werden hiefür die bisherigen guten Oelgattungen entsprechen.

Schliesslich werden die Industriellen noch vor dem „Mischen“ von Oelsorten gewarnt. — Manche meinen dadurch zu sparen, während nach vorgängiger Darstellung von einem Sparen gar nicht die Rede sein kann.

Die schlechteren Oele werden einfach durch die hohe Dampftemperatur zerstört — kommen also gar nicht zum Schmieren, so dass der noch verbleibende Rest an guten Oelen, wenn er nicht vielleicht durch die Mischung schon teilweise verdorben ist, zur Schmierung in nur mehr vollkommen unzulänglicher Menge vorhanden ist.

Jedenfalls gebe man aber den Oellieferanten die maximale Dampftemperatur im Cylinder an, denn es wäre ebenso unnütz, viel theurere Oele anzuschaffen, wenn billigere Sorten von niederer Entzündungstemperatur für den vorliegenden Fall genügen.

Nicht unterlassen werde aber auch die Bemerkung, dass der Oelconsum abhängt von der Temperatur des Dampfes, der Tourenzahl und Füllung der Maschine, der Steuerung derselben und von dem Verständnisse des Maschinisten.

Wir werden kaum fehl gehen, wenn wir angeben, dass Ventilmaschinen im Princip weniger Schmierung als Schiebermaschienen bedürfen werden, weil erstere bedeutend weniger Reibungsflächen in den Steuerungsorganen besitzen, als letztere.

Die Abdichtungen der Cylinderdeckel mit dem Mantelkörper, der Schieberkastendeckel, der Ventilverschlüsse u. s. w. werden bei modern ausgeführten Maschinen durch exactes Einschleifen, beziehungsweise Aufeinanderpassen dieser Teile ausgeführt.

So hergestellte Abschlüsse bedürften eigentlich meist keiner weiteren Abdichtung.

Bei älteren Maschinen sind aber diese Teile nur oft unvollkommen bearbeitet und ist von Anfang an vorgesehen, dass Zwischenkörper die vollkommene Abdichtung herbeiführen.

Als bei überhitztem Dampfe hiefür brauchbare Materialien muss wieder auf jene verwiesen werden, welche anlässlich der Behandlung der Rohrleitungen, als zum Abdichten der Flanschenverbindungen befähigt, bezeichnet wurden. Das sind derzeit eben wieder Asbestpräparate und Metalldichtungen.

Durch Anwendung dieser wird allen Störungen und Belästigungen durch Ausströmen von Dampf bei zerstörten Dichtungen vorgebeugt.

Die hohe Temperatur des überhitzten Dampfes überträgt sich vom Innenraume des Cylinders auf dessen Aussenseite.

Schon bei Maschinen, welche mit nassem Dampfe arbeiten, war man stets bestrebt, die in Folge Wärmestrahlung der Cylinderwände

eintretenden Wärmeverluste, die zu verstärkter Condensation des Arbeitsdampfes führen, zu verhindern, beziehungsweise sie möglichst einzuschränken. — Dies hatte zur Anwendung von Dampfmänteln und zur Isolirung der Cylinderwände durch schlecht leitende Materialien geführt.

Wie bei der Isolation der Rohrleitungen bemerkt, muss auf das Material, welches hiezu verwendet wird, grosse Aufmerksamkeit gelegt werden, will man nicht riskiren, dass der Dampfcylinder resp. seine Isolation in Brand gerät, wodurch schwere Beschädigungen, mindestens aber beträchtliche Betriebsstörungen an der Maschine auftreten können.

Der vorsichtige Ingenieur wird daher auch auf diese Sache nicht vergessen dürfen und veranlassen, dass die äussere Wandung der Cylinder vorerst von feuerfesten Materialien, wie Asbest, umgeben werde, worauf erst die minder hitzebeständigen folgen können; darnach kann dann eine Holz- oder besser blanke Blechverschalung den Schluss machen; die Dicke der Wärmeschutzmasse betrage mindestens 80 *mm* und steigere sich bei grossen Cylinderdurchmessern und kleinen Füllungen.

Dass die Ausführungsart nicht bloss zweckmässig sei, sondern auch guten Geschmack — fast möchte man sagen, etwas künstlerisches Empfinden zeige, ist wol sehr notwendig, leiden ja viele unsere Constructionen daran, dass die Erbauer derselben nur von der Zweckmässigkeit ausgehen und den „Baustyl“ vollkommen vernachlässigten.

Es werde nun noch auf einen Umstand aufmerksam gemacht, der allerdings den Constructeur näher berührt als den Industriellen, welcher mit der fertigen Maschine zu arbeiten hat.

Das ist die Verschiedenheit der Ausdehnung der Metalle bei Temperaturerhöhungen.

Während Gusseisen pro 1 Meter ursprünglicher Länge, bei Erwärmung auf 100° Celsius eine Länge von 1001·07 *mm* zeigt, beträgt diese Längenausdehnung bei Kupfer 1001·64 *mm*

„	Bronze	1001·82 „
„	Messing gegossen	1001·87 „
„	Schweisseisen	1001·21 „
„	Stahl gehärtet	1001·24 „
„	Stahl weich	1001·07 „

Bei steigenden Temperaturen nimmt sie natürlich zu und beträgt z. B. zwischen 0 und 300° Celsius bei Kupfer 1001·88 *mm*, bei

Schweisseisen 1001·47 *mm*. Diese Verschiedenartigkeit der Materialien, welche als Constructionsteile der Dampfmaschinen in Verwendung kommen, muss insbesondere bei hochüberhitzten Dämpfen berücksichtigt werden; so hat die Erfahrung bereits bestätigt, dass die in Guss-Hohlcylindern sich bewegenden gusseisernen Kolbenringe und gusseisernen Kolbenschieber, solchen die aus anderen Metallen hergestellt sind, bei weitem vorzuziehen sein werden.

Auf weitere Details einzugehen ist aber nicht der Zweck dieser Abhandlung und ist einiges darüber auch zum Teil bei Besprechung der Rohrleitungen bereits erörtert worden.

XIV. Ueber die an Ueberhitzern vorkommenden Defecte und ihre Folgen, sowie Vorkehrungen zur möglichsten Verhütung derselben.

Vieles, was den praktischen Betrieb und die Bedienung von Ueberhitzeranlagen betrifft, ist bereits zur Mitteilung gekommen.

Hier werde vorerst noch erläutert, welche Beschädigungen an diesen Apparaten eintreten können, ferner welches deren Ursachen, Umfang und deren Folgen sind.

Die Ueberhitzer sind innen der Wirkung des Dampfes, aussen jener des Feuers ausgesetzt. Die Beschädigungen derselben können also nur Folgen dieser Einwirkungen sein, welche entweder für sich oder combinirt auftreten werden. Betrachten wir einmal erstere:

Trockener Dampf, welcher keinerlei Beimischungen enthält, greift Eisen nicht an. — Nur zurückbleibendes Condenswasser kann innere Anrostungen der kalten Rohre und Apparate herbeiführen.

Um ein Verbleiben des Condenswassers zu verhindern, ist es daher erforderlich, die Ueberhitzer mit Hähnen und Ablaufvorrichtungen zu versehen, welche auch in Rücksicht auf die bei Betriebsbeginn sonst eintretenden Wasserschläge anzubringen sein werden.

Da die Dampfüberhitzer durchgehends im Princip Rohrleitungen darstellen, wird daher der Einfluss trockenen bezw. überhitzten Dampfes auf die Oberflächenbeschaffenheit der inneren Rohrwände gleich Null sein.

Sobald aber der Dampf, wie er z. B. aus forcirten Kesseln kommt, mitgerissenes Wasser führt, welches sich in Krümmungen der

Ueberhitzer-Rohrschlangen niederschlagen kann, wird die Möglichkeit geboten, dass sich auch Kesselstein dortselbst ablagert, weil ja die Ueberhitzer auch als Nachverdampfer wirken.

Diese Erscheinung hat die Erfahrung bei einigen der älteren Typen so z. B. bei den Uhler-Ueberhitzern bestätigt.

Dadurch können bei kleinen Rohrquerschnitten Verstopfungen derselben eintreten, welche zu Betriebsstörungen Anlass geben.

Bei der schwierigen Zugänglichkeit ist auch der Ort der Ansammlnngen nicht so ohne weiters auffindbar, wenn nicht von aussen durch gleichzeitige Einwirkung des Feuers an diesen Stellen eine besondere Kennzeichnung stattgefunden hat. (Aufziehen von Blasen, Ausbauchungen, Risse, Blaufärbung etc.)

Es ist daher naheliegend, dass bei stark beanspruchten Kesselanlagen, im Interesse des dauernden Bestandes der Ueberhitzer dort Wasserreinigungsanlagen errichtet werden sollten, wo die Speisewässer viel Schlamm enthalten oder starke Kesselsteinablagerungen verursachen könnten.

Sollte der Dampf schädliche, gasartige Beimengungen enthalten, oder sind solche nachteilige Stoffe im übergerissenen Wasser gelöst, welche für sich das Eisen angreifen, (Säuren Clorverbindungen etc.) so werden natürlich die Ueberhitzerrohre, besonders bei höheren Temperaturen rascher der zerstörenden Einwirkung derselben unterworfen sein.

Die Rohre und Apparate, selbst müssen dem herrschenden Dampfdrucke mit Sicherheit widerstehen können. — Durchschnittlich werden bei Bemessung der Rohrkörperdimensionen zwei Umstände von Wichtigkeit sein:

1. Dass diese mit erhöhter Sicherheit anzufertigen sind, um auch noch bei etwaigem Materialverluste durch Verschleiss, genügende Wandstärke zu besitzen;

2. dass bei Berechnung derselben, die bei erhöhter Temperatur veränderten Festigkeitsverhältnisse in Betracht gezogen werden müssen.

Sind solche Constructionsteile den in Folge des hohen Dampfdruckes entstehenden inneren Spannungen aus irgend einer der oben angeführten Ursachen nicht gewachsen, so tritt ein Bruch ein, der je nach seiner Ausdehnung, und im Verhältniss zum lichten Querschnitte des defect gewordenen Rohres dieselben Folgen nach sich zieht, wie ein Rohrbruch der Dampfleitung.

Es ist nun die Frage, ob ein solcher Bruch bei Ueberhitzern, welche in unmittelbarer Nähe oder sogar im Feuerraume von Kesseln angeordnet sind — für letztere derartige Folgen haben kann, dass die Sicherheit des Betriebes im Momente des Bruches mehr oder minder gestört wird und ob nicht auch selbst eine schwere Beschädigung des Kessels, sogar eine Explosion derselben eintreten könne?

Nach den bisherigen Erfahrungen und soweit menschliche Voraussicht reicht, kann gesagt werden, dass bis nun verheerende Explosionen oder Brüche von Ueberhitzern im Betriebe noch nicht bekannt geworden sind und sich bei Beobachtung der erforderlichen Aufmerksamkeit im Bau und im Betriebe von Ueberhitzern auch kaum ereignen werden.

Dies schliesst allerdings nicht aus, dass sich solche nicht doch ereignet hätten, oder überhaupt nicht vorkommen könnten — aber sie treffen doch sicher nicht einmal so oft ein als Rohrbrüche überhaupt und aus dieser Erfahrung darf eine beruhigende Antwort auf die Frage nach der Möglichkeit von Rohrbrüchen in Ueberhitzungsapparaten gegeben werden.

Bekannt ist nur, dass speciell bei den ersten Uhler-Ueberhitzern, bei welchen einzelne Constructionsteile aus Gusseisen und sehr schwach dimensionirt, sowie ungenügend versteift waren, Brüche vorkamen und dass auch in Folge der bereits früher erwähnten Ablagerung von Kesselstein, sowie in Folge von Wasserschlägen einzelne Rohre defect geworden sind. Walther-Meunier, Director des Elsässischen Dampfkesselvereines, berichtet im Bulletin de la Société Industrielle in Mühlhausen, April 1897, von einer neuerlichen Explosion eines aus gusseisernen Kammern verfertigten Uhler-Ueberhitzers; in Folge mangelhaften Abschlusses desselben von der Hauptleitung, füllte sich dieser während einer 3tägigen Pause vollkommen mit Wasser. Nach Inbetriebsetzung dehnte sich das Wasser aus, konnte durch das zu kleine Sicherheitsventil nicht rasch genug ablaufen und sprengte die Gusseisen-Kammern. Hier fehlten auch Ablaufhähne, weshalb der Ueberhitzer niemals vom Condenswasser entleert werden konnte! Von anderen Constructionen sind Unfallsberichte bisher nicht öffentlich geworden; auch haben die neueren Uhler-Apparate zu Beschwerden keinen Anlass mehr gegeben.

Die Dampfkesselgesetzgebung verschiedener Länder enthält bis heute auch noch keine diesbezüglichen Ergänzungen und Vorschriften und wird ein Anlass zu solchen wol erst dann kommen, bis

einheitliche Bestimmungen über die Construction und Ausführung von Rohrleitungen im Allgemeinen erlassen worden sind.

Die Erbauer von Ueberhitzern können daher unter dem Schutze der Freiheit, welche Rohrleitungen hinsichtlich ihrer Bauart geniessen ungehindert und mit Recht erstere als „Bestandtheile“ der Rohrleitungen selbst betrachten.

Durch das Bersten eines mit hochgespanntem Dampf erfüllten Rohres werden weitgehende Zerstörungen meist nicht verursacht.

Gewöhnlich beschränkt sich der Defect auf eine kleine Stelle des Rohres; die grössere Gefahr liegt in den Folgen der Ausströmung heissen Dampfes. Während nun bei nassem Dampfe der Raum, in welchem ein Rohrbruch erfolgte, sich sofort mit undurchsichtigen Dämpfen erfüllt, wodurch die Orientirung der gefährdeten Personen verhindert wird, dürfte dies bei überhitztem Dampfe wol später eintreten; was nun Secunden in einem solchen Falle bedeuten, weiss jeder zu ermessen, der mit Dampfbetrieben vertraut geworden ist und deren Gefahr erkennt, aber nicht geringschätzt. Nach gemachten Erfahrungen soll überdies die Verbrühungsgefahr bei überhitztem Dampfe auch geringer als bei nassem Dampfe sein!

Bei in Kesseln resp. im Feuerraum derselben eingebauten Ueberhitzern wird ein Rohrbruch zur Folge haben, dass sofort eine ausgiebige Dampfausströmung des Kessels stattfindet, die erst aufhört, bis derselbe entleert ist, oder wenn möglich sein Abschliessen rechtzeitig erfolgte.

Der austretende Dampf wird teils durch den Kamin entweichen, teils den Weg durch die Feuercanäle über den Rost und zur Heizthüre nehmen. Ist nun die Heizthüre mit einem Schliessapparat versehen, so wird ein Aufreissen derselben und ein Umherstreuen herausgeschleuderter Kohle meist verhütet sein.

Hiedurch kann einer grösseren Ausdehnung der Folgen des Defectes, welcher sonst eine Beschädigung des meist vor dem Kessel befindlichen Personales oder ein Brandunglück herbeiführen könnte, sehr vorgebeugt werden.

Auch empfiehlt sich der Einbau von selbstthätig wirkenden Rohrbruchventilen zwischen Kessel und Ueberhitzer und werden sich durch Ausführung dieser einfachen Einrichtungen die Gefahren durch solche Rohrbrüche ausserordentlich vermindern.

In wieweit Explosionen des Kessels durch solche locale Zerstörungen eintreten könnten, lässt sich wol nicht sagen.

Wir hoffen, dass ein Nachweis, dass ein Rohrbruch von im Feuerraume der Kessel eingebauten Ueberhitzern eine schwere Beschädigung oder eine Explosion von Kesseln verursacht habe — niemals erbracht werden könne!

Die Einwirkung des Feuers erstreckt sich auf die Aussenseite der Ueberhitzerconstructionen. Sie besteht einmal darin, dass durch den mechanischen Anprall des Feuers und durch chemische Veränderungen der äussere Teil der Wandungen zerstört werden kann, dass, um einen allgemein bekannten doch eigentlich nicht ganz richtigen Ausdruck zu gebrauchen, die Rohre verbrennen. — Dieses Verbrennen wird unterstützt durch die mangelhafte Qualität des Rohrmateriales, sowie durch Hindernisse oder ungünstige Verhältnisse in der Dampfcirculation. — Was das erstere betrifft, sei bemerkt, dass im allgemeinen kohlenstoffreichere Eisensorten, wie z. B. das Gusseisen, weit feuerbeständiger sind, als kohlenstoffarme.

Bei Ueberhitzungsapparaten, die aus Gusseisen bestehen, müssen die Einflüsse, welche das Feuer auf die einzelnen stäten Bestandteile des Eisens, nämlich Kohlenstoff, Mangan, Silicium, Phosphor und Schwefel ausübt, berücksichtigt werden; man wendet für diese Teile nur ganz besondere, äusserst feuerbeständige Eisenmischungen an; diese müssen aber ausser dieser Eigenschaft noch eine hervorragende Zähigkeit besitzen, welche gewöhnlichem Gusse nicht zukommt.

Im Allgemeinen leisten Gussrohre der Hitze mehr Widerstand, als solche aus Schmiedeisen, während letztere wieder erheblich höhere Festigkeit besitzen.

Deshalb werden auch bei den engröhrigen Ueberhitzungsapparaten, welche aus gezogenen natlosen Röhren bestehen, die Gefahren des „Verbrennens“ grössere sein, als bei Gussröhren.

Man wird gut thun bei ersteren auch jede unnötige Materialanhäufung, wie z. B. Muffen, im Bereiche der Flammen oder höherer Temperaturwirkung zu vermeiden, hingegen bei diesen Systemen eine sehr gute Circulation zu erreichen suchen. Der Unterschied der Dampftemperatur gegenüber jener des Feuers oder der heissen Gase wird doch häufig 400 und mehr Grade betragen. Je intensiver die Feuertemperatur ist und je kleiner die Rohrquerschnitte sind, desto notwendiger ist eine rasche Circulation, eine raschere Entführung der in den Ueberhitzerrohren aufgespeicherten Wärmemenge, will man nicht riskiren, dass die Hitze der Röhren bis zur dunklen Rothglut und darüber ansteigt.

Grössere Ansammlungen von Kesselstein könnten sonst bei zu geringer Strömungsgeschwindigkeit eher zu Beschädigungen der Ueberhitzer durch Ausglühen und Ausbauchungen der betreffenden Stelle führen.

Durch allzuhohe Temperaturen werden auch Risse entstehen, welche insbesondere bei Gusseisenkörpern in Folge Freiwerdens gebundener Spannungen oder Hervorrufen neuer, zu Defecten grösserer Art Veranlassung geben können.

Bis jetzt ist jedoch mit Ausnahme von einigen bereits erwähnten Defecten an alten Uhler-Ueberhitzern, die nur auf eine mangelhafte Construction oder Wartung (Wasserschläge) zurückzuführen sind, kein Unfall bekannt geworden, der Veranlassung zu umfassenden Vorschriften hinsichtlich der Construction und Betrieb der Dampfüberhitzer geben könnte.

Insbesondere kann bei den engröhrigen Systemen, wie bei jenen von Hering, Babcock-Willcox, Kausch, Schmidt, Serpollet u. s. w. von einer Gefahr beim Bersten eines Rohrteiles nicht gesprochen werden, da die Dampfmenge, welche dann auszutreten vermag, wol eine sehr geringe ist und der Wärter bei einiger Geistesgegenwart, die man auf alle Fälle von ihm verlangen darf, durch rasches Schliessen des Dampfventiles weitere Folgen vollkommen verhütet.

Hinwider haben die aus besonders legirtem Gusseisen angefertigten Systeme, die eine grössere lichte Weite besitzen, so z. B. von Schwoerer, Deck, Gebr. Böhmer u. a. in Folge der Anordnung von Rippen den Vorteil einer ausserordentlichen Widerstandsfähigkeit, und von dem erstgenannten Systeme sind Apparate schon 8 Jahre in beständigem Betriebe, ohne dass je ein Anlass zu besonderen Betriebsstörungen vorgekommen wäre.

Einer besonderen Besprechung müssen hier noch die „Heissdampfanlagen“ unterzogen werden.

Da die Dampfkessel dieses Systems stets stark beansprucht sind (über 30 *kg* stündliche Dampferzeugung auf 1 m^2 ihrer Heizfläche), werden dieselben auch leichter Beschädigungen ausgesetzt sein. Ausserdem erhalten die „Vorüberhitzer“ ein Gemisch von Wasser und Dampf, was Ablagerungen von Schlamm und Kesselstein in denselben begünstigt.

Diese Anlagen sollten daher, um dauernd sicheren Betrieb zu ermöglichen, unter folgenden Voraussetzungen gebaut und betrieben werden.

1. Die Dampferzeuger sind aus tadellosem Materiale von grosser Dehnbarkeit herzustellen.

2. Sie sollen verstärkte Dimensionen und eine sehr sorgfältige Zusammenstellung erhalten.

3. Bei stark schlammhältigem oder zu bedeutenden Kesselsteinablagerungen neigendem Speisewasser ist eine Wasserreinigung vorzusehen.

4. Auf die Reinhaltung des Speisewassers von Oelrückständen ist besonders zu achten.

5. Die Wasserstandapparate sollen überall grosse Durchgangsweiten besitzen, damit ein Verlegen derselben vermieden und das Spiel des Wassers im Glase möglichst unbehindert vor sich gehe; enge Glasröhren sollen also nicht angewendet werden.

6. Diese Anlagen sind stets mit 2 Speiseapparaten zu versehen, von welchen mindestens einer eine gut wirkende Dampfpumpe sein muss.

7. Diese Apparate sollen bei höchster Inanspruchnahme des Kessels noch immer das doppelte Quantum der benötigten Speisewassermenge liefern können.

8. Bei Untersuchung und Erprobung dieser Anlagen sind die Ueberhitzer mit einzubeziehen.

Wir können nunmehr diese Erörterung mit der Versicherung abschliessen, dass kein vorkommender Unfall verschwiegen bleiben kann und dass es die Aufgabe aller ehrenhaften Ingenieure sein wird, die Industriellen objectiv auf alle eventuellen Zwischenfälle aufmerksam zu machen. — Wir sind bisher so glücklich gewesen, diese Pflicht nicht ausüben zu müssen und bestärkt uns dieser Umstand umsomehr in dem Bestreben, dieser modernen Einrichtung der Dampfüberhitzung eine allgemeine Verwendung zu erringen.

XV. Betriebsregeln, Bedienung und Untersuchung von Dampfüberhitzungsapparaten.

Der Dampfkessel sowie der Dampfmaschinenbetrieb erleiden auch bei Einbau von Ueberhitzungsapparaten in bestehenden Anlagen keinerlei eingreifenden Veränderungen.

Keineswegs ist eine besondere Complication irgend zu besorgen, obwol dem Bedienungspersonale einige Vorschriften gemacht werden müssen, von deren Befolgung zum Teil sowol der Effect als auch die Betriebssicherheit, beziehungsweise der ungestörte Bestand der Apparate abhängen.

Sind dieselben als Einzelüberhitzer in den Feuerraum der Kessel eingebaut, so werden sie bei Beginn des Betriebes, also beim Auf-

feuern noch eine sehr niedere Temperatur besitzen. Treffen die heissen Gase die kalten Rohrflächen, so schlagen sie in Folge der plötzlichen Abkühlung sofort Russ auf denselben nieder und es stände zu besorgen, dass diese starke Russschichte ein dauerndes Hinderniss der Wärmeübertragung werden könnte.

Man hat zur Vermeidung dessen vorgeschlagen, bei diesen Ueberhitzersystemen Klappen anzubringen, welche bei Beginn des Betriebes noch geschlossen bleiben und die Berührung der Feuergase mit den Röhren verhindern.

Nach Beginn der Dampfbildung im Kessel, wollte man dann den Ueberhitzer vorerst vermittelst durchströmenden Dampfes anwärmen und erst darnach den Gasen die Bespülung der Ueberhitzungsflächen gestatten.

In der Praxis wird dieses kaum dauernd genau durchgeführt werden, und zwar deshalb, weil diese Klappen bis heute noch unsichere Verschlussorgane sind; auch solche vorbedachter bester Construction und vorzüglichsten Materiales halten die hohen Temperaturen von direct auf sie strömenden Gasen auf die Dauer schwer aus, sie verziehen sich, verhindern oft einen vollkommenen Abschluss wodurch der Zweck, wenigstens teilweise, nicht erfüllt werden kann. Neuestens versucht man durch Anbringung eines Chamottemörtel-Bewurfes die Klappen widerstandsfähiger zu machen und sind die bisherigen Ergebnisse günstig. Und wenn diese Organe auch absolut dauernd dicht und gut functionirend gemacht werden können, so wird sich in sehr seltenen Fällen ein so verlässlicher und umsichtiger Kesselwärter finden, der der Forderung eines rechtzeitigen Verschlusses stets nachkommt. Versäumte er diese Maassregel auch nur ein einziges mal, so wird auch sofort die Bildung von sich anbrennendem Glanzrusse hervorgerufen, der nur beim Abstellen des Betriebes und durch gründliche Reinigung entfernt werden könnte.

Tatsächlich dürfte es aber damit nicht so schlimm bestellt sein. Die Glanzrussschichten erreichen auch bei mehrmonatlichem Betriebe bei Dampfkesseln kaum eine grössere Dicke als $^3/_4$ bis $1^1/_2$ Millimeter. Allerdings verhindern sie da schon die Wärmeübertragung ganz wesentlich; ihre Stärke ist zum Teil abhängig von der Qualität der Kohle, ferner auch von der Temperatur der Kesselwände.

Manche Kohlengattungen zeigen eben eine grössere Neigung zum „Russen“ wie andere, d. h. sie erfordern eben andere Feuerungseinrichtungen als jene, welche gerade zur Verfügung stehen. Ferner wird der Russbelag an den Teilen, welche vom Rost entfernter sind

und die durch das frisch zuströmende Kesselspeisewasser abgekühlt werden, stärker sein, als an anderen, heisseren Stellen.

Bekannt ist aber, dass dieser Glanzruss, insbesondere dort, wo noch höhere Temperaturen herrschen, sich gerne in oft handgrossen Flächen abschält. — Das Gleiche werden wir bei Ueberhitzern beobachten. — Einerseits wird die hohe Temperatur der Feuergase ein teilweises Verglimmen der ersten Russschichten hervorrufen, welche durch die stattfindende oft bedeutende Erhitzung der Rohrkörper unterstützt wird; tatsächlich erscheinen die dem Feuer zugewendeten Teile meist ganz blank — ohne Russbeschlag; anderseits schält sich viel vom Russ in Folge der Einwirkung der Ausdehnung und Zusammenziehung der Ueberhitzungskörper von selbst ab.

Unangenehmer als die Einwirkung des Glanzrusses ist jene des leichten, lockeren Russes, welcher sich oft in Schichten von 1 bis 2 *cm* Dicke an die Heiz- und Ueberhitzungsflächen anlegt.

Hier muss vor allem durch richtige Anlage der Ueberhitzer bezw. durch gute Feuerführung die Möglichkeit seiner Entstehung verzögert werden; da dieser Russ sich ausnahmslos nur entfernter vom Roste absetzt, ist es natürlich, den Einbau der Ueberhitzer dort vorzunehmen, wo die Temperatur der Feuergase mindestens 450° Cels. nicht unterschreitet, bezw. diese übersteigt; dennoch können jene Teile der Apparate, welche von stagnirenden (ruhenden) Feuergasen umgeben sind, oder doch schon diese in weniger heissem Zustande zugeführt erhalten, sich mit lockerem Russe belegen.

Die Entfernung dieser Russschichten sowie der Flugasche, welche bei stark aschenhältigem Brennmateriale oder bei pulverigen im Feuer zerfallenden Brennstoffen und kräftigem Zuge als Flugcox die Ueberhitzflächen bedeckt, wird durch Abblasen mit Dampf bewerkstelligt. — Es ist deshalb beim Einbau der Ueberhitzer vorzusehen, dass das während des Betriebes je nach Bedarf vorzunehmende Abblasen, durch passend angebrachte Oeffnungen leicht vorgenommen werden könne.

Es ist sicher, dass durch Unterlassen dieser Betriebsregel, der Effect der Ueberhitzung ganz ausserordentlich abnehmen kann.

Einfache Temperaturmessungen vor und nach der Reinigung lassen den Wert derselben sofort erkennen.

Weniger als Verhinderung des Verrussens der Ueberhitzerröhren bei Beginn des Betriebes, sondern vielmehr als Schutz gegen ein Ausglühen bezw. Verbrennen derselben, so lange sie noch keinen circulirenden Dampf enthalten, sollen die früher erwähnten Klappen dienen.

Wenn anfänglich in den Ueberhitzungsapparaten noch kein durchströmender Dampf enthalten sein kann, so werden deren Röhren wol bedeutende Temperaturerhöhungen erfahren, welche, wenn sie länger andauern und sich häufiger wiederholen, doch Beschädigungen der Aussenfläche dieser Röhren hervorbringen könnten.

Sind daher die Klappen so praktisch anbringbar, dass sie im Stande sind, den Gasstrom anfangs genügend abzulenken, um solche Defecte hintanzuhalten, so kann deren Anwendung nur bestens empfohlen sein.

Diese Anwendung ist auch bei jenen Systemen eine Notwendigkeit, welche vielleicht einen ungehinderten Ablauf von restlichen Condenswässern nicht ermöglichen sollten.

Das verbleibende Condenswasser wird bald nach Beginn des Betriebes verdampft sein und nachdem der Ueberhitzer anfangs sowol gegen den Kessel als auch gegen die Dampfleitung abgesperrt ist, uncontrollirbare Drucksteigerungen im Apparate hervorrufen.

Einige Constructeure versehen deshalb den Ueberhitzer mit Sicherheitsventilen, welche unzulässige Spannungen in ersteren signalisiren. — (Hering, Uhler).

Bei guten Systemen ist aber immer gleichzeitig vorgesehen, dass ein Sitzenbleiben der Condenswässer nicht stattfinden kann und dass an möglichst tiefsten Punkten der Apparate Wasserableiter angebracht werden, durch deren Oeffnung der aus rückständig gebliebenem Condenswasser entstandene Dampf ungehindert entweichen kann.

Gegen das Verbrennen der Rohrschlangen hilft man sich beim Anfeuern des Dampfkessel oder des Centralüberhitzers auch dadurch, dass man durch dessen Rohrschlangen Luft streichen lässt.

Dies erfordert allerdings bei Einbau des Apparates die Vorkehrung, dass der Ueberhitzer direct mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gebracht werden kann, was durch Einstelluug von besonderen Absperr- bezw. Luftventilen, welche am höchsten Punkte der Ueberhitzer montirt werden, vermittelt wird.

Durch die offenen Condenswasserableitungen streicht dann die Luft nach aufwärts durch die Schlangen, kühlt diese ab und strömt bei erwähnten Ventilen wieder aus.

Die Erfahrung hat — wenigstens bei einigen Systemen gezeigt, — dass beim Ausschalten der Ueberhitzer, selbst ohne Unterstützung jeder Luftcirculation, auch bei wochenlangen Betrieben Beschädigungen derselben nicht eingetreten sind. (Schwoerer.)

Obwol dieses Resultat sehr beruhigend sein könnte, dürfen wir das Eintreffen desselben keineswegs als Regel betrachten, sondern ordnen lieber an, dass bei längerer Ausschaltung solcher Apparate der Gasstrom durch Klappen oder durch Abdecken — Vermauern abgehalten werde, die Rohrelemente zu bestreichen, oder dass eine ausgiebige Luftcirculation durchgeführt wird.

Bei Vornahme von vergleichenden Versuchen über den Dampfverbrauch mit oder ohne Ueberhitzer, wird bei einigen Systemen z. B. beim Schwoerer'schen, wenn diese Versuche nicht allzu lange dauern (2—3 Tage), auch ohne Circulation und ohne Abdeckung gearbeitet werden können. Andere Systeme wie z. B. das der Babcock-Willcox Lmt. Comp., ferner das von Dürr Gehre & Co., ermöglichen die zeitweise Füllung ihrer Elemente durch Wasser, welches mit dem Kesselraume selbst in Verbindung steht.

Sie werden daher dann eine Heizflächenvermehrung des Kessels bilden, weil sie von den Feuergasen bestrichen werden und Dampf erzeugen. So bald aber im Kessel genügend hohe Spannungen vorhanden sind, werden die Rohre vollkommen entleert und durch Dampf erfüllt. Diese Anordnung schützt dampffreie Ueberhitzer vor Beschädigungen durch zu heisse Feuergase in vollkommener Art.

Das früher erwähnte Vorkommen von rückständigem Condenswasser in Ueberhitzern führt bei mangelhafter Ableitung derselben leicht zu Wasserschlägen. Vernimmt der Kesselwärter solche, dann darf er die weitere Zuströmung von Dampf nur mit grösster Vorsicht und in längerem Zeitaufwande sich vollziehen lassen, muss er doch wissen, welche Erschütterungen und Gefahren solche Wasserschläge mit sich bringen können.

Deshalb ist es angezeigt, bei jeder Inbetriebsetzung die Condenswasserableitungen so lange offen zu lassen, bis Dampf allein durch dieselben ausströmt. Auf alle Fälle muss aber für die möglichst vollständige Entfernung aller Condenswässer durch passende Construction der Ueberhitzer Sorge getragen werden.

Ein Ueberschreiten der gewünschten Dampftemperaturen wird in verschiedener Weise verhindert werden können.

Gleichartige Beanspruchung des Kessels vorrausgesetzt, wird sich schon in den ersten Tagen der Anwendung der Ueberhitzung genau bestimmen lassen, wie der Gasstrom geregelt werden muss, oder welche Flächenverdeckung der Ueberhitzer erhalten soll, um eine festgesetzte Dampftemperatur constant erzielen zu lassen.

Bei Centralüberhitzern, welche also eine eigene Feuerung erhalten, wird eine constante Temperatur durch entsprechende Bedienung des Rostes durchgeführt werden können.

Allerdings wird eine mangelhafte Bedienung hier leichter als bei Kesselüberhitzern ein Ueberschreiten der gewünschten Dampftemperatur eintreten lassen; aus diesem Grunde ist bei Ueberhitzern dieses Systems eine sorgfältige Wartung und beständige Controle eine unumgängliche Bedingung. — (Fernthermometer).

Sind die Centralüberhitzer sehr stark forcirt, also etwas klein gewählt, so werden ihre Constructionsteile viel stärker als bei Kesselüberhitzern in Anspruch genommen, weil sie doch Feuertemperaturen von 700—800° Celsius und mehr aufzunehmen haben werden. — Naturgemäss wird der Wärter die kleine Feuerung leicht stärker forciren können, als dies bei Ueberhitzern ausgeführt werden kann, welche indirecte Feuerung erhalten.

Sind die Kessel oder Einzelüberhitzer von Anfang an etwas zu klein gewählt worden, so wird dieser Fehler sofort dadurch offenkundig, dass die geforderte Temperatur schwer oder gar nicht erhaltbar wird.

Mit solchen Anlagen wird man daher niemals so gute Ergebnisse erzielen, wie mit jenen, bei welchen eine grössere oder kleinere Reserve in der Ueberhitzungsfläche angelegt wird.

Bei steigendem Bedarfe wird dieser Anlagefehler sehr empfindlich und kann auch durch ein Forciren der Kesselfeuerung nicht gut ausgeglichen werden.

Bei grösseren Apparaten geschieht die Regulirung der Dampftemperatur teils durch Klappen und Schieber, teils durch Abdeckungen.

Bei ersterer Metode wird natürlich jener Teil der Feuergase, des Kessels welcher dem Ueberhitzer nicht zugeführt werden soll, durch Eröffnung anderer Klappen und Schieber normal um die Kesselfläche geführt und so veranlasst, einen grössten Teil der Wärme an diese behufs Dampferzeugung abzugeben; bei Centralüberhitzern geht er nutzlos verloren. — Bemerkt sei, dass, wie schon an anderer Stelle erwähnt, (Seite 73), in ersterem Falle auf gute Zugverhältnisse besonders zu achten ist. Diese Regulirungsart ermöglicht den Wechsel der Ueberhitzungstemperaturen während des Betriebes und sogar den Ausschluss des Apparates von demselben.

Die Verkleidung und Abdeckung des Ueberhitzers muss in den ersten Tagen der Probe stattfinden.

Entweder wird hiezu ein Chamottemörtel genommen, dem etwas Kochsalz beigesetzt wird, wodurch man das Anbacken des Mörtels an die Ueberhitzer-Elemente befördert, oder es werden Mauern, Wände, Decken oder Belege von feuerfesten Steinen aufgeführt, welche die Berührung der heissen Gase mit den dahinter oder darunter befindlichen Rohrelementen verhindern und den Feuerstrom ablenken.

Allerdings ist ein Vermehren oder Vermindern dieser verdeckten Ueberhitzungsfläche während des Betriebes nicht möglich.

Aber es wird doch wol äusserst selten eine starke Variation der Dampftemperatur innerhalb kurzer Zeit verlangt werden, wenn schon, dann hat man durch das bereits angegebene Mischungsverfahren (Seite 40) immer die Möglichkeit, eine Verminderung der Temperatur auf eine weit einfachere und sicherere Art durchzuführen.

Dieses Abdecken oder Verdecken ist auch dann sehr empfohlen, wenn die Ueberhitzer in einzelnen ihrer Teile einem heftig anprallenden heissen Gasstrome ausgesetzt sind, welcher eine intensive, chemische Veränderung der Aussenflächen der Elemente bewirken könnte.

Der kleine Verlust an Ueberhitzerfläche kommt im Vergleiche zu der erreichten erhöhten Bestanddauer der Ueberhitzer selbst, nicht weiter in Betracht. — Diese vorerwähnten Sicherungen sind wol so leicht ausführbar, dass es keiner weiteren Erklärung bedarf; bemerkt sei nur, dass bezüglich des Ortes ihrer Ausführungen der Industrielle den Rat seiner technischen Vertrauenspersonen anhören sollte.

Der Untersuchung bestehender Ueberhitzungsanlagen muss eine höchst sorgfältige, ja weit peinlichere äussere Reinigung derselben von Russ und Flugasche, als diese bei den Kesselwandungen ausgeführt wird, vorangehen.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Constructionsteile von Ueberhitzern weit grösserer Inanspruchnahme ausgesetzt sind, als jene der Kessel selbst, weshalb sie einer umso genaueren Untersuchung und Prüfung auf ihre Betriebssicherheit zu unterziehen sein werden.

Eine solche ist aber nur durch vorzügliche äussere Reinigung und durch gute Zugänglichkeit möglich. — Die Untersuchungen erstrecken sich auf die allgemeine äussere Beschaffenheit der Rohre bezw. Elemente, ferner auf die Homogenität derselben, auf den Zustand der Dichtungen und etwaiger dem Feuer ausgesetzten Verbindungen, der Thermometer, Klappen, Schieber, auf den Bauzustand der

Einmauerung; zu prüfen ist weiters das Functioniren der Sicherheitsventile und der Condenswasserhähne.

Vorhandene Sprünge, Blasen, Schiefer, Gussfehler u. dgl. werden sich, falls sie nicht sofort leicht sichtbar sind, an zugänglichen Stellen durch veränderten Klang auffinden lassen, während die äussere Farbe und Beschaffenheit der Oberfläche den Einfluss der Feuerwirkung erkennen lässt.

Undichtheiten an Verbindungsstellen oder bei Gussfehlern verraten sich schon während des Betriebes durch das sausende, zischende Geräusch des Ausströmens von Dampf. Bei Untersuchung der einzelnen Verbindungen wird der Ort der Undichtheit meist leicht auffindbar, weil diese Stelle, wenn auch nicht durch einen Belag, so doch durch eine veränderte Färbung sich kenntlich macht. Die im Allgemeinen doch seltenen Ablagerungen von Kesselstein werden erst bei grösserer Dicke bedenklich und sind dann nur durch die veränderte Farbe oder durch Risse und Beulen feuerseitig erkenbar.

Der Ueberlegung des Ingenieurs muss es in jedem Falle anheimgestellt sein, einen provisorischen Weiterbetrieb zu gestatten oder die im Interesse der Betriebssicherheit rücksichtslose Forderung nach Ausschaltung des ganzen Apparates oder sofortigen Ersatzes der schadhaften Teile, ohne Rücksicht auf andere Momente, zu verlangen.

Der vernünftige Industrielle wird diesem Verlangen wol widerspruchslos Billigung geben und die Verantwortung des Ingenieurs nicht durch Vorwürfe oder Bitten, welche die Weitergestattung erzwingen sollen, erhöhen dürfen.

Ebensowenig wird es angehen, das Eintreten von ausser aller menschlichen Voraussicht liegenden Störungen oder Zwischenfällen sofort auf mangelhafte Construction oder fehlerhafte Wartung oder flüchtige Untersuchung zurückzuführen.

Das bisherige oft bestätigte Auftreten von plötzlichen Veränderungen der Structur, von verdeckten Materialfehlern oder von auf einmal frei werdenden, inneren Spannungen, welche Umstände einer vorherigen Vermutung auch durch genaueste Untersuchung vollständig unzugänglich sind, werden vielleicht in einem oder dem anderen Falle alle Vorsicht und alle Sorgsamkeit vergeblich machen. — Aus diesem Grunde sei der Industrielle bei Einführung von Ueberhitzern bei Wahl des Systems und bei praktischer Anwendung dieser Erfindung, nochmals dringlich aufmerksam gemacht,

nur den Erfahrungen und Ratschlägen von Fachingenieuren zu vertrauen und sich nicht blindlings durch das Rednertalent eifriger Verkäufer gefangen nehmen zu lassen.

XVI. Ueber die wirtschaftlichen Vorteile, die durch Anwendung überhitzten Dampfes zu erwarten sind.

Die Grösse der Wirtschaftlichkeit berechnet sich aus der Differenz der durch den geringeren Kohlenverbrauch gemachten Ersparniss und der Summe, welche für Verzinsung und Amortisation der Neuanlagen, resp. der Ergänzungen, ferner für vermehrte Unterhaltungs- und Betriebskosten, aufgewendet werden muss.

Der Industrielle, welcher sich zur Aufstellung einer Ueberhitzereinrichtung entschliesst, muss wol vorher diese Berechnung durchführen und das Verhältniss dieser Ziffern mit annähernder Sicherheit festzustellen suchen. Bei Heissdampfanlagen geht ihm der Erzeuger solcher an die Hand, denn da handelt es sich stets um vollkommen neue Einrichtungen; bei diesen ist der Vergleich ihrer gesammten Jahres-Betriebskosten gegenüber jenen von gleich grossen Satt- oder Nassdampfanlagen maassgebend, und in den meisten Fällen leicht aus den Offerten zu entnehmen.

Die Auslagenhöhe der ersten Anschaffung wird derzeit bei Heissdampf wol jene der Sattdampfanlagen übersteigen, entscheidend werden aber doch nur die stets fortlaufenden Betriebskosten werden.

Die einzelnen Posten derselben werden bei beiden Systemen gleiche Bezeichnungen erhalten, nur wird der beigesetzte Ziffernwert ein verschiedener sein; die Reihenfolge ersterer ist folgend verzeichnet.

Die Betriebskosten setzen sich zusammen:
Aus den Kosten des Bedienungspersonales,
des Kohlenaufwandes,
der Beschaffung von Speise- und Condensationswasser,
des Schmierölverbrauches,
der Beleuchtung,
der Reinigung der Kessel, Ueberhitzer und Maschinen,
des Ersatzes an Dichtungen und Packungen,
der jährlichen Reparaturen an den inneren Baulichkeiten und Maschinen,

ferner aus den Beträgen, welche für die Verzinsung des Anlagecapitales und für die Abschreibungen (Amortisationen) zugefügt werden müssen.

Bezüglich letzterer sei erwähnt, dass man bei Heissdampfanlagen gut thun wird, die jährlichen Abschreibungen für die Kessel und für die Ueberhitzer auf 15 bis 20% zu setzen, während man bei den Motoren auf 6—8% verbleiben kann. Diese Ziffern erscheinen wol hoch-, aber deren Beibehaltung wird den Hersteller solcher Constructionen veranlassen müssen, durch weitgehende und bindende Garantieen dem Industriellen hinsichtlich Rentabilität und Bestanddauer genügende Sicherheiten zu bieten.

Weniger leicht als bei solchen Anlagen ist es dem Käufer gemacht, der durch Einbau von Dampfüberhitzern (Einzel- und Centralüberhitzer) eine Ergänzung und eine mitunter eingreifende Veränderung seiner bestehenden Sattdampfanlage erstrebt.

Hier müssen viel eingehendere Einzel-Studien gemacht werden, welche, wenn der Industrielle sich nicht an Specialingenieure oder Fachmänner wendet, ersterem viel Mühe verursachen werden. Es wird daher nicht unerwünscht sein, ein Gerippe der wichtigsten Erhebungen hier niederzulegen, welches der Industrielle zur Grundlage seiner eigenen weiteren Ueberlegungen wählen kann.

Die auszulegenden Kosten betreffen:

1. Die Herstellung der Anlage und der nötigen Veränderungen.

a) Bei den Einzel-Ueberhitzern: Preis derselben einschliesslich Fracht, Zoll und Montage; Auslagen für Veränderungen und Wieder-herstellungen am Kesselmauerwerke incl. Materialien; bei Centralüberhitzern: ausserdem die Aufstellung des Feuerungsobjectes mit der Rostanlage und dem Schornstein: die erforderlichen Verankerungen, Verbesserungen der Zugverhältnisse, Kosten der Reinigungswerkzeuge.

b) Bei den Rohrleitungen: Aenderungen derselben im Bereiche des Dampfkessels und des Ueberhitzers; die Auswechslung unsicherer und kupferner Leitungsteile gegen stärkere, bezw. schmied- und flusseiserne Stücke; die Veränderungen der Unterstützungen, Aufhängungen, Compensationen; der erste Ersatz aller Dichtungen durch Asbest oder Metalldichtungen; die Vermehrung an Dampfabschluss resp. Umschaltventilen; die Verbesserung oder Erneuerung der Rohrisolirungen; der Einbau von Rohrbruchventilen etc.

c) Bei den Dampfmaschinen und Dampfapparaten: die Beschaffung metallischer Stopfbüchsenpackungen oder den Ersatz bisheriger durch Metallwolle oder Asbestzöpfe; der Ersatz mangelhafter Rohranschlussdichtungen; die Isolirung der Dampfcylinder; die Einstellung von Thermometern, von Zwischenventilen und Leitungen zur Zuführung nassen Dampfes; die erste Anschaffung von hochsiedendem Cylinderöl: die Ueberprüfungen von Apparatconstructionen u. s. w.

2. Die Bedienung und Instandhaltung,

und zwar:

a) Bei den Einzel-Ueberhitzern: die Kosten der Reinigung, des Ersatzes an Thermometern, mangelhaften Dichtungen, beschädigter Teile; die Reparaturen am Mauerwerke; bei Centralüberhitzern: ausserdem Ersatz abgebrauchter Feuerungsteile, Kosten der besonderen Bedienung u. s. w.

b) Bei den Rohrleitungen: der Ersatz fehlerhafter Dichtungen, zerstörter Isolirungen, verschiedene kleine Reparaturen an Dampfventilen, welche bei Sattdampf nicht vorkommen.

c) Bei den Dampfmaschinen und Apparaten: die Mehrkosten an Beschaffung hochsiedenden Cylinderöles, desgleichen an Auswechslung ausgeschliffener Packungen und verschiedener Dichtungen; die Kosten regelmässiger verschärfter Controllen, von Garantieversuchen u. dgl. m.

Aus diesen, für den Verlauf eines Jahres zu erhebenden Daten und aus der geforderten Verzinsung und Amortisation der Anlage, hat der Industrielle nun die Bilanz zu ziehen, indem er als Gegenwert den für eine bestimmte Leistung garantirten oder zugesicherten minderen Kohlenverbrauch in Einstellung bringt und diese Ziffern mit jenen vergleicht, welche er bisher bei Anwendung von Satt-Dampf erhalten hat.

Es kommt daher folgendes Schema in Anwendung:

A.	B.
Geldersparniss in Folge verminderten Kohlenverbrauches.	Mehrauslagen durch: die Verzinsung, Amortisation und vergrösserte Betriebskosten.

Der Unterschied **A-B** ergibt den wirklichen Gewinn, berechnet aus der Ersparniss an Kohle für die gleiche Leistung wie früher bei Verwendung nassen Betriebsdampfes; dieser ist aber ausser-

ordentlich abhängig von der Höhe der Verzinsung und Amortisation; erstere ist Privatsache, letztere wird durch die Erfahrung bestimmt; sie hängt sehr von der Construction des Ueberhitzers und von seiner Beanspruchung ab.

Während einzelne Ueberhitzersysteme schon seit 7 bis 8 Jahren ohne jeder Reparatur in beständiger Verwendung stehen, sind andere in dieser Zeit teilweise oder ganz erneuerungsbedürftig geworden; dies letztere betrifft einige der ersten Uhler-Constructionen, welche in kurzer Zeit durch solidere Ausführungen ersetzt worden sind. —

Immerhin dürfen wir, wenn die Dampftemperaturen im Ueberhitzer 300° Celsius unterschreiten, die Bestanddauer der Kessel- und der Centralüberhitzer höher bewerten, als jene der Heissdampfüberhitzer und wird daher eine 10% jährliche Abschreibung genügen.

Der Industrielle wird aber aufmerksam gemacht, dass die nicht unbeträchtlichen Vorteile, welche der Fabrication erwachsen, sich aber nicht durch Ersparniss an Kohlen ausweisen, in dieser Bilanz nicht enthalten sein können, dass aber diese stets auftreten und in sehr vielen Fällen allein den Ausschlag bei Anschaffung von Ueberhitzern geben.

Ausserdem vermeidet der reelle Erbauer von Dampfüberhitzern zu hohe Garantieen zu geben, weil er durch anzuzweifelnde und übertriebene Ziffern nur zu leicht seinen Ruf aufs Spiel setzt und doch immer gewärtig sein muss, dass der Industrielle seine Offerte und die eingerichtete Anlage einer fachmännischen Ueberprüfung unterziehen lässt, welche allfälligen Schwindel schonungslos aufdecken würde.

Es wird deshalb die aufgestellte Bilanz bei reeller Durchführung nur den voraussichtlichen niedersten Wert — resp. den kleinsten Gewinn, der sicher zu erwarten steht, ergeben. Immer aber hat der Industrielle auf die gleichzeitigen Fortschritte in der Fabrication zu achten und nicht bloss seinen Kohlenconto als Basis der Wertschätzung der Ueberhitzung zu betrachten.

In den meisten Fällen garantirt der Lieferant von Ueberhitzern die Höhe der Dampfersparniss und da bloss jene, welche bei normalen Verhältnissen bei den Dampfmaschinen auftreten wird.

Er ist derzeit nicht im Stande, auch über den Minderverbrauch an Dampf für Koch- und Trockenzwecke bindende Garantieen zu geben, weil dies weder rechnerisch genügend sicher festgestellt werden kann, noch aber heute hinreichende Erfahrungen darüber vorliegen.

Der Industrielle ist daher angewiesen, die bisherigen Erfahrungsziffern anzuerkennen und zur Grundlage seiner Berechnungen zu machen.

Er findet aber in den zahlreichen genauen Versuchen und aus objectiven Berichten, welche im Laufe der letzten Jahre vorgenommen, beziehungsweise erstattet wurden, für seine Zwecke meist genügende und durchaus glaubwürdige Ziffern.

In allen hervorragenden Fach-Zeitschriften und in officiellen Mitteilungen gelehrter technischer Gesellschaften und Vereine aller Völker, sind solche Veröffentlichungen vorgekommen; in den übereinstimmenden günstigen Resultaten derselben darf der Industrielle daher die vollkommene Gewähr einer durchaus objectiven und richtigen Beurteilung finden und er kann mit vollkommener Sicherheit auf gutes Gelingen, an die Umänderung seiner bisherigen mangelhaften, durchaus unökonomischen Betriebsanlage schreiten.

Hier seien einige der erhobenen Resultate, welche sich allerdings nur auf Motorenbetrieb beziehen, mit Quellenangabe beigefügt.

Die Berichte der Industriellen Gesellschaft in Mühlhausen, Elsass — 1892, 1893, 1896, weisen aus zahlreichen Versuchen, welche durch den Elsässischen Dampfkesselverein (Walther-Meunier) unternommen wurden, Dampfersparnisse von 13·3, 11·11, 20·24, 10·02, 19·80, entsprechend Kohlenersparnissen von 23·6, 22·75, 20·22, 19·46, 16·15%, bei meist älteren Anlagen aus. — Neuerdings wurden an hoch modern eingerichteten Anlagen von denselben Versuchs-Ingenieuren Dampfersparnisse von 8·7—15·4% und entsprechende Kostenersparnisse von 15·4—18·5%, steigend mit dem Grade der Dampfüberhitzung, nachgewiesen.

Der Bayerische Dampfkesselrevisionsverein, **Verbandszeitschrift der Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine,** untersuchte 1893 eine neue 600pferdige Verbundmaschine und erhielt bei Anwendung überhitzten Dampfes eine Dampfersparniss von 19%, eine Kohlenersparnis von ca. 15%; an einer anderen grossen Anlage wurde durch denselben Verein eine Ersparniss von 25·8% am Dampf, resp. 11% an Kohlen constatirt.

Die Zeitschriften der **Dampfkessel-Untersuchungs- und Vers.-Gesellschaft — Wien** und des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines berichten über erhaltene Dampfersparnisse von 14·2 und 19 3%, beziehentlich Kohlenersparnisse von 18·1 und 22.0%.

Professor Schröter — München, legt in der **Zeitschrift deutscher Ingenieure** Berichte nieder, aus denen ersichtlich ist, dass

an einer 1500pferdigen Maschine mit drei Cylindern neuester Construction eine nahezu 13% Ersparniss an Dampf eintrat. Derselbe Fachmann sowie Professor Gutermuth — Darmstadt und Professor Lewicki — Dresden haben eingehende Versuche an Schmidtschen Heissdampfmaschinen unabhängig von einander ausgeführt.

Aus allen diesen und noch vielen anderen hier nicht aufzuführenden detaillirten genauen Untersuchungen wird der Beweis erbracht, dass durch die Anwendung hoch überhitzten Dampfes schon bei kleinen Motoren dieses Systemes Verminderungen des Dampfverbrauches um **30** bis **50**% des gewöhnlichen, bei Nass- oder Sattdampf vorkommenden, erreichbar werden.

Wenn der Kohlenverbrauch nicht immer mit den hier angegebenen Dampfersparnissen übereinstimmt, so hat dies teilweise seinen Grund in Verhältnissen der Feuerungsanlage, welche, wie bereits wiederholt bemerkt, von der Ueberhitzung und deren Resultaten meist ziemlich unabhängig bleiben; manchmal sinkt der Procentsatz der Kohlenersparniss unter jenen des verringerten Dampfconsums, manchmal übertrifft er ihn sogar um Bedeutendes.

Der Industrielle mag aber aus den vorgängig angegebenen Werten bereits den enormen Vorteil ersehen, der sich ihm durch Anwendung der Ueberhitzung bietet.

Er wird überdies von selbst kommen, ungedrängt und unaufgefordert, sobald er durch ruhige Ueberlegung sich die Ueberzeugung verschafft haben wird, dass derzeit kein anderes Mittel ihm mit gleicher Sicherheit und in kürzester Zeit so viel Ersparniss an Brennstoff, so viel Förderung in der Fabrication zu bieten vermag! Ohne dass ihn irgend ein besonderes Risico belastet und unsicher macht, vermag er seine bisherigen Dampfanlagen auf eine Wirtschaftlichkeit zu bringen, welche jener der bisherigen Dampferzeugung und Verwendung um **20** bis **30** und mitunter, wie beim Heissdampf, um **50** Procente überlegen ist!

XVII. Schluss. Die Zukunft des Dampfbetriebes, künftige Umwälzungen.

Mit dieser Erörterung sei die vorliegende Arbeit beschlossen.

Den Verfasser erfüllt aber ein ehrlicher Zweifel, ob in dieser Abhandlung doch so viel niedergelegt worden ist, dass dieselbe als kleiner Beitrag zur Förderung der Erkenntniss unserer mangelhaften

Dampfbetriebe betrachtet und das Streben nach Verbesserung derselben hiedurch unterstützt werden könnte.

In welch' kurzer Zeit wird auch das hier Mitgeteilte überflügelt werden, wie gänzlich verändert wird schon im nächsten Jahrzehnt so vieles in unseren heutigen Dampf- und Motorenbetrieben geworden sein!

Aus der Geschichte der Entwicklung der Dampfmaschine können wir zum Teil auf noch Unbekanntes, Werdendes schliessen; von der breiten Strasse bisheriger Erkenntniss zweigen verborgene Pfade ab, deren Anfangsspuren noch undeutlich sind, aber dennoch erkennen lassen, dass im Verfolgen derselben neue ungeahnte und grossartige Entwicklungen möglicherweise noch bald erschlossen werden können.

Während man bei den ersten Dampfmaschinen schon in der Anwendung von Spannungen von ein und zwei Atmosphären Ueberdruck und in der Doppelwirkung auf beiden Kolbenseiten einen ausserordentlichen Fortschritt sah, und den Dampfverbrauch der Watt'schen Maschine, welcher stündlich 28 *kg* für 1 Pferdekraft verbrauchte, als einen sehr günstigen betrachtete, benützen wir jetzt schon 7 und 8 mal höhere Anfangsspannungen die in Drei- und Viercylinder-Maschinen verarbeitet werden.

Der Dampfverbrauch der heutigen modernsten grossen Maschinen ist bereits auf ein Sechstel des seinerzeitigen zurückgegangen.

Es ist notwendig geworden, einerseits den Arbeitsdruck des Dampfes im Cylinder ganz wesentlich zu erhöhen und denselben durch Anwendung empfindlicher Steuerungen und durch Teilung der Cylinder zweckmässig auszunützen, anderseits aber musste der im Dampf enthaltene, in mechanische Arbeit umwandelbare Teil der Wärme möglichst vermehrt werden.

Hand in Hand damit ging die Steigerung der Kolbengeschwindigkeiten und die wesentliche Erhöhung der Tourenzahlen.

Die Zeit von der Herstellung der ersten einfach wirkenden Eincylindermaschine mit Handsteuerung bis zu der heutigen Entwicklung unserer Viercylinder-Maschinen mit Corliss- oder Ventilsteuerungen, ist ausgefüllt von einer ununterbrochenen Kette von Erfindungen und Bestrebungen zur Vervollkommnung und ungeheuerer Opfer an geistiger und materieller Kraft hat es bedurft, um den heutigen Fortschritt zu erringen.

Wir kennen aber die begrenzte Festigkeit unserer Baumaterialien, und wissen, dass mit Steigerung der Benützungstemperaturen sich deren Haltbarkeit ganz wesentlich vermindert. — So sehen wir, dass bei Anwendung derselben vor allem in Ansehung der Bauart unserer modernen Kesseltypen die Ausführbarkeit sehr hoher Spannungen bald begrenzt werden wird.

Aber es arbeiten die Gas- und Petroleummotoren verschiedenster Systeme bereits mit Spannungen von 20 und mehr Atmosphären — der Serpollet-Motor hat wenigstens die Möglichkeit einer Anwendung bedeutend gesteigerter Dampfspannungen (bis 94 Atm.) erwiesen und aus diesen Gesammtergebnissen dürfen wir schliessen, dass wir sowol mit der Erhöhung des Dampfdruckes, als auch mit der Steigerung der Dampftemperaturen noch vorwärts schreiten dürfen.

So lenken wir in Bahnen ein, welche uns den Principien der Gas- und Petroleummaschine nähern lassen, jedoch sicherlich bedeutende Aenderungen bisheriger Constructionsgrundsätze bedingen werden.

Aber dennoch trennt Bedeutendes die Dampfmaschine von dem Gasmotor!

Während die älteren Dampfmaschinen nur kaum 4—7 Procent der Wärme, die sie zugeführt erhielten, in Arbeit umzusetzen vermochten (Zeuner, Thermodynamik), können wir bei Anwendung hoch überhitzten Dampfes schon 12 und mehr Procente erreichen. Bei Gasmaschinen steigert sich aber dieser nutzbare Anteil bereits auf 20 Procente der im Brennstoff aufgespeicherten Wärmemenge.

Theoretisch beträgt der geringste stündliche Dampfconsum, welchen eine Pferdekraft absoluter Leistung erfordert 1·2 *kg* Dampf (Krauss, Caloriemetrie der Dampfmaschinen); unsere besten Maschinen grosser Leistung benötigen aber mit Ueberhitzung bis heute noch 4·5 bis 5·0 *kg* also 4 mal mehr, und die kleineren Dampfmotoren weisen eine sogar das 15- und 20fache der theoretischen Zahl übersteigende Dampfverbrauchsziffer. Verbrauchen die bestconstruirten Dampfmaschinen also noch ungefähr 0·7 *kg* guter Steinkohle, so vermindert sich bei grossen Gasmotoren der gleichwertige Brennstoffbedarf bereits auf 0·47 *kg*.

Das Kosten-Verhältniss zwischen Dampf und Gas, als Dampfverbrauch ausgedrückt, wird bei guten Constructionen und grossen Leistungen durch das Verhältniss von 4·9 : 3·2 rund **5 : 3** darstellbar, während bei kleinen Leistungen die Wertverhältnisse für die Dampfmaschine, insbesondere bei nassem Dampfe, sich weit ungünstiger gestalten.

In Ansehung dieser Resultate darf der gewissenhafte Forscher das Lob der Errungenschaften, welche die Technik auf dem Gebiete des Dampfmaschinenbaues aufzuweisen hat, nicht allzu weit treiben — sind wir ja doch vom Ziele höchster Ausnützung von Naturkräften noch recht weit entfernt.

Aufgabe der praktischen Technik ist es geworden, die auf dem Wege vom Roste der Feuerungen bis in den Cylinder der Dampfmaschinen, beziehungsweise bis zum abtreibenden Riemen des Schwungrades sich vermehrenden Verluste an directer oder umgesetzter Wärme zu vermindern.

Welche enormen Mengen Kohle werden in unseren Haus- und Industriefeuerungen verbrannt, und wie gering sind die Nutzeffecte derselben!

Schon an 20, 30 und mitunter mehr Procente der am Rost entwickelten Wärme verlieren wir in der Mehrzahl unserer industriellen Anlagen bei der Verbrennung mit frei zuströmender Luft in der offenen Feuerung durch den Abzug heisser Feuergase in den Schornstein und durch übermässigen Luftüberschuss; weitere Verluste begründen sich aus dem Bau der Feuerung und der Dampferzeuger, andere aus der mangelhaften Qualität des Dampfes, aus grossen Abkühlungsverlusten in den Rohrleitungen und im Dampfcylinder selbst. Wie ungünstig sind die Arbeitsvorgänge im Cylinder im Vergleiche zu jenen, welche bei Gasmotoren in Betracht kommen!

Welche Umständlichkeit, so viel Wärme am Rost erzeugen zu müssen, um nur einen ganz kleinen Bruchteil derselben, kaum $^1/_9$, in wirkliche Arbeit an der Dampfmaschinenkurbel umgewandelt zu erhalten!

Aber die Ueberhitzung des Dampfes weist uns den Weg zu einer besseren Ausnützung desselben.

Fünfzehn bis zwanzig Procente weniger als früher beträgt durch die nunmehrige Veredlung des Rohdampfes der Dampfverbrauch unserer modernen Kolbendampfmaschinen, wenn auch nur geringe Ueberhitzungstemperaturen (250 bis 280° C.) angewendet werden; dieser Vorteil steigt aber mit der zunehmenden Höhe der Ueberhitzung und wir dürfen erwarten, dass der calorische Nutzeffect eine noch beträchtliche Vermehrung, also noch weit über 12 Procente hinaus, erreichen wird.

Tatsächlich weisen auch die ersten Heissdampfmotoren bereits höhere Wirkungsgrade aus, als unsere bisherigen Dampfmaschinen solche besitzen.

Ein weiterer Schritt in dem Bestreben, die Dampfmaschine zu verbessern, ist auf dem Gebiete der Dampftechnik noch dadurch gemacht worden, dass man aus der im gespannten Dampfe befindlichen lebendigen Kraft in anderer Art wie bisher nutzbare Arbeit gewinnt.

Schon beginnt ein jüngerer Spross der Dampfmaschine — die Dampfturbine neben der älteren Kolbenmaschine sich einen achtunggebietenden Rang zu verschaffen. Während letztere die Spannkraft — den Druck des Dampfes in Arbeit umwandelt, nützt die Dampfturbine die Geschwindigkeit des Dampfes aus, welche durch die Ausdehnung desselben von hoher auf niedere Spannung an der erweiterten Mündung einer Düse, aus welcher er strömt, erzeugt wird.

In gefälliger Form, kleinst in der räumlichen Ausdehnung, einfach in der Construction und Wartung, verbindet diese Construction, welche in der jüngsten Ausführung von de Laval einen Grad hoher Vollkommenheit erreicht hat, den Vorteil einer für viele Verhältnisse sehr erwünschten Tourenzahl von 13.000 bei grossen Motoren bis auf 30.000 minutlichen Umdrehungen bei kleinen Maschinen, mit einem Dampfverbrauche, der bereits jenem der bestconstruirten Kolbenmaschinen nahekommt, ihn häufig auch erreicht. Die bisherigen Erfolge in der Oekonomie dieser Dampfmaschinen werden insbesondere bei Anwendung überhitzten und sehr hoch gespannten Dampfes noch übertroffen werden, wodurch der Kolbenmaschine ein sehr gefährlicher Gegner erstehen wird.

Aber gerechtfertigt ist es zu vermuten, dass mindestens die Krafterzeugung durch Dampfmotoren sich in nicht allzuferner Zeit einer grösstmöglichen Vervollkommnung genähert haben wird, über die sie in Ansehung der Constructionsprincipien, der Baumaterialien und der Eigenschaften des bewegenden Fluidums — des Dampfes — nicht mehr weiter kommen wird.

Fast will es scheinen, als ob der Nerv des Dampfbetriebes, bezw. seines Wesens von dem uns Menschen nur in wenigen Spuren seines ewigen Laufes erkennbaren mächtigen Hauptstrome vielgestaltiger Lebenskraft sich abzweige und erschöpfe — wie wenn der anfangs mächtige Seitenarm eines gewaltigen Flusses in öden Sandwüsten des Geländes sich verliert und versiegt!

Sicher sind wir, dass die grossen Vorräte an Sonnenwärme, die seit Millionen Jahren in der Erdrinde aufgespeichert liegen, lange vor ihrer Erschöpfung in anderer Art als durch offenes Verbrennen bei hohen Temperaturen und durch Erzeugung von Dampf, in Arbeit umgewandelt werden.

Aehnlich in der Construction wie die Gas- und Petroleummaschinen, hat ein deutscher Ingenieur R. Diesel, einen neuen Wärmemotor ausgestaltet und jüngst einen Versuch zur praktischen Durchführung einer neuen Energie-Umwandlung vorgeführt.

Hoffen wir, dass ihm sein Vorhaben gelinge. — Wie schwer brechen sich aber alle Erfindungen Bahn — wie oft findet frohe Hoffnung durch ungekannte Schwierigkeiten Enttäuschung. Fast möchte man annehmen, dass die Natur ein bewusstes hartnäckiges Widerstreben äussere, sich mühelos ihre Geheimnisse entreissen zu lassen; erst nach langen Jahren mühsamer Arbeit werden dauernde Erfolge errungen.

Indessen müssen wir uns an das Vorhandene halten, und die bisherige Erzeugung von Kraft aus Dampf möglichst zu verbessern — zu verbilligen bestrebt sein.

Hiezu bietet uns die Anwendung hochgespannten überhitzten Dampfes ein erfolgreiches Mittel. — Aber wir dürfen in den heutigen noch immer mässigen Spannungserhöhungen und in der Ueberhitzung auch nur einen nächsten Schritt in der fortschrittlichen Entwicklung unserer Dampfmaschine sehen, von dem allein wir noch nichts Epochemachendes erwarten dürfen.

Auch dieser wird noch zögernd gemacht! — Ist doch das Wesen des überhitzten Dampfes noch viel zu wenig gekannt und der Schatz an Erfahrungen in seiner Verwendung noch keineswegs allzu reichlich.

Uebersteigen ja die derzeit angewendeten Höchst-Temperaturen im Durchschnitt kaum 350° Celsius und schon bei Anwendung dieser müssen wir uns in Rücksicht auf einige unserer Maschinenbau-Materialien, welche so hohe Temperaturen ohne schwerwiegende Aenderung ihrer Festigkeitseigenschaften nicht immer vertragen, einschränkende Bestimmungen auferlegen. Wenn aber R. Diesel in seinem Wärmemotor mit Arbeitsdrücken von mehr als 100, ja sogar bei 250 Atmosphären und constanten Temperaturen von 800° Celsius zu arbeiten vermöchte — sollte dann die Anwendung von Dampfspannungen, welche das 6- bis 10fache unserer heutigen betragen, nicht gewagt werden können?

Nichts berechtigt zu einer unbedingten Verneinung!

Noch haben die jetzigen und zukünftigen Constructeure von modernen Wärmemotoren nach Diesel's Ausführung, doch bis in unbestimmte Zeiten mit den gleichen Materialien zu rechnen, aus welchen auch unsere heutigen und zukünftigen Dampfmaschinen und Dampferzeuger gebaut sind!

Ein weiterer Schritt in der Entwicklung der Dampftechnik dürfte ausserdem noch der sein, den motorischen Betrieb von jenem der Dampferzeugung für Fabricationszwecke, vor allem im Hinblick auf die Dampfkessel selbst, vollständig zu trennen.

Indessen wird der Wettbewerb zwischen dem älteren Dampfmotor und der jüngeren Gasmaschine immer ernster; bald wird er ein Kampf um's Dasein, wenn auch der Dampfmotor noch bisher so viele andere schätzenswerte Eigenschaften besitzt — vor allem seine enorme Elasticität im Betriebe, durch welche er der Gasmaschine noch lange überlegen sein wird.

Aber dann — wenn auch dieser Vorrang nicht mehr zu Recht besteht —?

Zögernd haben wir es bereits angedeutet — dann ist das Ende der heutigen Dampfmaschinenperiode erreicht!

Aber die Anwendung überhitzten Dampfes für Zwecke der Fabrication wird bestehen bleiben.

Denn wir können den Dampf für den menschlichen Haushalt im weiteren Sinne niemals missen. — Wir müssen uns so häufig des Dampfes in technologischen und wirtschaftlichen Verrichtungen schon im engsten Haushalte bedienen, so viele chemische Processe basiren auf Entzug, Zuführung und verändernder Einwirkung verschiedenartigster Stoffe durch Wasser verschiedener Aggregatform (fest, flüssig und dampfförmig) und wechselnder Temperatur; alle unsere organisirten Körper bestehen — mitunter zu 90% und mehr — aus diesem Stoffe selbst.

Entbehren werden wir des Dampfes also nie können, nur wird man erstreben, seine Erzeugungsart zu vervollkommnen und seine Eigenschaften vorteilhaftest auf anderen Verwendungsgebieten auszunützen.

Unsere Nachfolger werden den Dampf dabei nicht einer Machtstellung, die er bis jetzt einnahm, entsetzen, sondern sie erheben ihn aus einer untergeordneten Position, in welcher er in Folge unserer mangelhaften Einrichtungen niemals die Fülle seiner Kraft zu äussern vermochte, die wirklich in ihm liegt.

Dann aber werden die Dampferzeuger selbst ganz wesentliche Vervollkommnungen erfahren, da das ganze Interesse der Dampftechnik dann auf sie allein gelenkt sein wird.

Wenn wir auf die ersten Dampfkessel zurückdenken und mit diesen unsere heutigen Constructionen vergleichen, so müssen wir

gestehen, dass nur eine sehr langsame fortschrittliche Entwicklung dieses Werdeganges beobachtet werden konnte.

Allerdings sind die Spannungen von ein und zwei Atmosphären Ueberdruck heute schon bis auf sechzehn und bald mehr gestiegen und dieser Steigerung gemäss hat der Dampfkesselbau ganz wesentliche Veränderungen durchgemacht.

Dies bezieht sich insbesondere auf die verschiedenen metallurgischen Processe der Eisendarstellung. Dennoch haben sich die seit 60 und 70 Jahren bekannten Hauptsysteme noch immer erhalten; nur deren Ausgestaltung und constructive Durchführung ist eingreifenden Veränderungen unterzogen gewesen.

Erst in jüngster Zeit begann man durch Teilung der Wasserfüllung des Kessels eine intensivere Feuerwirkung zu erstreben; aber auch da haben die bisherigen Ergebnisse noch keinen durchschlagenden Erfolg gezeitigt; das System der Wasserröhrenkessel hat seine vorzügliche Brauchbarkeit für viele Verhältnisse erwiesen, ohne jedoch, wie es anfangs behauptet worden ist, höhere Effecte und höhere Forcirbarkeit erzielen zu lassen.

So sind denn tatsächlich bis heute noch keine wesentlich besseren Systeme an Stelle der altbekannten getreten.

Wol aber bemüht man sich nunmehr, die Leistungsfähigkeit der Heizflächen zu erhöhen.

Die bisherigen, als normal bezeichneten Dampfleistungen bewegten sich in den Grenzen von 12 bis 18 *kg* Dampf pro 1 Stunde 1 Quadratmeter Heizfläche; nunmehr erstrebt man diese Werte durch passende Circulationseinrichtungen, ohne Erhöhung der Zugsverhältnisse und ohne Veränderung der Feuerung selbst, auf 30 bis 50 *kg* stündlicher Dampflieferung zu vergrössern.

Die Dubiau'sche Rohrpumpe und der Solignac'sche Dampfkessel bilden heute die Ausgangspunkte der diese Richtung einschlagenden Bestrebungen zur Vervollkommnung unserer Dampfkessel.

Nicht zweifelhaft kann es sein, dass durch diese Einrichtungen weder der Effect der Feuerungsanlage erhöht, noch die Qualität des Dampfes verbessert werden wird; wol aber wird die Ergänzung derselben durch Ueberhitzer erst deren ausserordentlichen Wert erkennen lassen und deren allgemeine Verwendungsfähigkeit begründen helfen. — Dann wird man für gleiche Dampfleistung vielleicht ein Drittel bis ein Viertel jener Heizfläche benötigen, welche bis jetzt als unbedingt erforderlich geschienen hat.

Die grossen, unförmlichen Kesselsysteme werden verschwinden, und gefälligere, jedoch weit kleinere, sorgfältig durchgearbeitete werden erstere ersetzen; weit höhere Spannungen wie bisher werden in diesen Kesseln erzeugbar werden, und durch die sorgfältigste Vorbereitung der Baumaterialien wird die Betriebssicherheit eine unverändert gute bleiben. Dann wird auch den chemischen Wasserreinigungen ein besonderes Augenmerk zugewendet werden müssen, da eine gute, resp. ungestörte intensive Circulation nur durch die möglichste Reinheit des Speisewassers erzielt werden kann. — Im Gegenfalle können Verschlammungen eintreten, welche die Function der Circulationsapparate lahm legen werden.

Nicht minder wird die bessere Ausnützung der Verbrennungsgase wesentliche Fortschritte machen. — Möglichst müssen wir das System der offenen Feuerungen verlassen, die unregelmässigen Brennstoffzuführungen vermeiden und erstreben, mit gepresster Luft die Verbrennung vollkommen zu machen.

Bei gepresster Luft und einer nach chemischen Principien geregelten Verbrennung werden wir den Feuergasen den grössten Teil der Wärme leichter als bei schwachem Zuge entziehen können und den dimensionell verminderten Rauchschlot nur mehr zur Abführung stark abgekühlter rauchschwacher Gase zu benützen haben — vielleicht wird er fast ganz vermeidbar werden, wenn das System der Gasfeuerungen in practischer, dauernd gut anwendbarer Art an Dampferzeugern anbringbar sein wird.

Es wird eben die jetzt noch ganz unterlassene Vorbereitung des Brennstoffes insbesondere in Rücksicht auf die Grösse desselben von wesentlichem Einflusse auf die ganzen Verhältnisse werden; es dürfen auch die bisherigen Bestrebungen der Verfeuerung von staubförmigen und flüssigen Materialien nicht kurzweg abgetan werden; wenn auch deren Verwendung bisher eine beschränkte gewesen ist, so mehrt sich die Zahl der damit eingerichteten Anlagen dennoch und werden dadurch weitere wichtige Erfahrungsdaten verfügbar; aber schon die bisherigen Resultate lassen erkennen, dass ein Kern reellen Vorteiles in diesen Bestrebungen erweisbar ist und wir dürfen diesen nicht unbeachtet bei Seite lassen.

Denn unsere heutigen Verhältnisse bieten in Bezug auf Oekonomie der Feuerungsanlagen leider noch sehr wenig Erfreuliches. — Mit einer beispiellosen Gleichgiltigkeit — fast möchte man ein härteres Wort gebrauchen, sieht der Industrielle zu, wie bei seiner Kesselanlage Tag für Tag, Jahr für Jahr, Unsummen von Geld und nutz-

los verschwendeter Arbeitskraft in den Lüften als heisser Rauch zerwirbeln!

Nunmehr versuchen Ingenieure aller Länder auf einem anderen Wege die Einsicht und das Verständniss für eine sparsamere Verwendung der Brennmaterialien zu erstreben.

Dies geschieht eben durch die Teilung der Dampferzeugung in die zwei Perioden — der Erzeugung beziehungsweise der nachfolgenden Veredlung des Rohdampfes. Dieses Princip müssen wir nunmehr verfolgen und aus den erworbenen Erfahrungen werden wir schliessen können, ob wir uns auf dem richtigen Wege befinden, oder ob ein anderer Lichtstrahl des Erfindungsgeistes uns abermals den Irrtum erhellt und neuen Pfaden Wegweiser wird.

Wir nehmen uns ohnehin nicht zu viel vor, weil wir diesen Fortschritt nur als eine Zwischenstufe betrachten.

Aber dennoch haben wir volle Veranlassung die allgemeine Verwendung überhitzten Dampfes mit allen Kräften zu erstreben, weil die bereits jetzt erreichten Vorteile uns erkennen lassen, wie viel am Nationalvermögen gespart werden kann.

Dieser Darstellung liegt daher als Triebfeder ihrer Verfassung vor allem der Zweck zu Grunde, die Verallgemeinerung der Anwendung des überhitzten Dampfes zu befördern, in Erkennung der Notwendigkeit, dass mit dem Verbrauche der derzeit erschlossenen Wärmeschätze der Natur, die uns mit Licht, Kraft und Wärme versehen, weit sparsamer wie bisher umgegangen werden soll!

Der Vorwurf der heutigen Unvollkommenheit trifft aber nicht allein die Erzeugung von Wärme und ihre Umwandlung in motorische Kraft überhaupt.

Ein gleicher trifft eine Art der heutigen Erzeugung von elektrischem Licht; denn von der in den Kohlenfaden einer Glühlampe gesandten Energie, werden kaum 5 Procent wirklich in Licht umgewandelt — aller anderen 95 Procente bedürfen wir, um diesen geringen Wirkungsgrad zu erzielen; denn da wir die directe Erzeugung von Licht aus Elektricität noch nicht in allgemein genügender Art anders vollziehen können, benötigen wir des Glühlichtes insbesondere für kleine Lichtquellen und müssen auf umständlichem Wege hiebei alle jene Zwischen- und Nebenerscheinungen erregen, durch welche die grossen Verluste an ursprünglicher Energie erklärbar werden.

Aber auch auf diesem Gebiete regt sich der Fortschritt und es summiren sich bereits hundertfache Bestrebungen, sowol in anderer Art wie bisher, direct aus festen Brennstoffen mit Umgehung der Verbrennung bei hoher Temperatur, billig und in grossen Mengen Elektricität zu liefern, als auch die verschwenderische und höchst unvollkommene Beleuchtungsart durch das Glühlicht, durch eine weit vollkommenere Art der electrischen Lichterzeugung zu ersetzen.

Indessen der menschliche Forschungsgeist in der stillen Kammer des Gelehrten sich bemüht den Schleier zu enthüllen, mit dem die Natur das Wesen ihrer Erscheinungen überdeckt, ist es Aufgabe der Technik, der die praktische Anwendung der Gesetze der Naturwissenschaft zufällt, das bis jetzt Bekannte, der Natur Abgerungene, auszugestalten und die gewonnene Energie dem Menschen in bester Art und möglichster Ausnützung dienstbar zu machen.

Und darin liegt die Aufgabe des Ingenieurs! Mag ihm auch ein kleinster Ruhm nicht beschieden sein, mag sein Wirkungskreis noch ein so unscheinbarer und bescheidener bleiben, — immer erhebt ihn das Bewusstsein, dass er ein freier Forscher der Natur, kein trockener Stubenhocker ist, dass seinem Berufe ein lebender Kern, ein Ideal, niemals abgesprochen werden kann!

Er ist es der mit ausdauernder Zähigkeit, die er Generationen vererbt, die Natur und ihre verborgenen Kräfte, ihr Wirken in jedem Einzelfalle sucht, sich in stetem, rücksichtslosem, aufreibendem Kampfe mit ihr befindet.

Das Licht der Erkenntniss ist es, das den dornenvollen Pfad erhellt und den lebenverzehrenden Beruf durch den Hoffnungsschimmer glänzender Strahlen freundlicher erscheinen lässt!

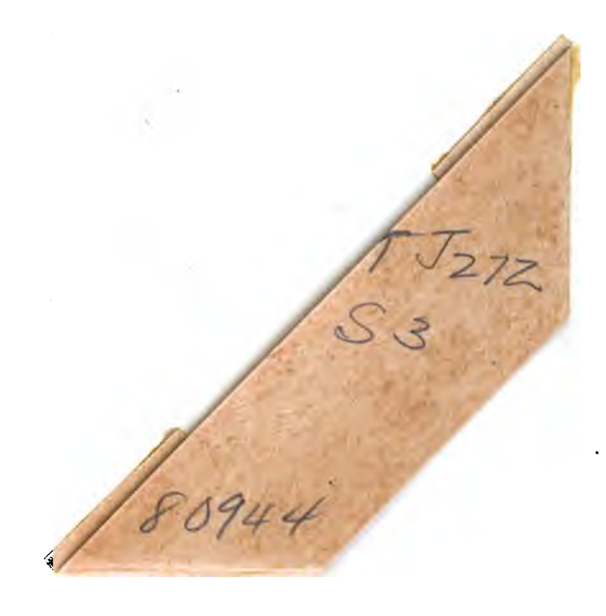
Der Gelehrte und der Ingenieur — beide Erforscher der Natur — reichen sich die Hand und aus diesem Miteinanderarbeiten erwächst der wirkliche culturelle Fortschritt. Wissenschaftliche Erkenntniss und Erfindung müssen der praktischen Technik das Rüstzeug schmieden, mit dem sie diesem Fortschritte seine unzerstörbaren Bahnen weist.

Die Ergebnisse des Zusammenarbeitens dieser drei Kräfte werden es sein, welche den Jahrhunderten ihre Carakteristik geben.

Denn die Namen von **Männern der Wissenschaft und Arbeit**, von **weltbewegenden Entdeckungen** und **Erfindungen** sind es stets, die unseren Nachkommen als Wegweiser dienen, um mit kurzem Worte den culturellen Fortschritt der Vergangenheit und der Gegenwart zu bezeichnen!

Druckberichtigungen:

Seite	11	Zeile	3	von	unten	lies:	Erkenntniss statt Erkenntnis.
„	13	„	2	„	oben	„	Dampfcondensat statt Damfcondensat.
„	16	„	21	„	„	„	keine Anpreisung statt eine Anpreisung.
„	20	„	4	„	unten	„	250^0 statt $250^0/_0$.
„	„	„	3	„	„	„	164^0 „ $164^0/_0$.
„	21	„	4	„	„	„	180 bis 250^0 statt 180-$250^0/_0$.
„	57	„	12	„	oben	„	Flanschen statt Flauschen.


TJ272
S3
80944

